N° 8 30 AVRIL 1929

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : **Louis OLIVIER** (1890-1910) — DIRECTEUR : **J.-P. LANGLOIS** (1910-1923)

DIRECTEUR : **Louis MANGIN**, Membre de l'Institut, Directeur du Muséum national d'Histoire Naturelle

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. CH. DAUZATS, 8, place de l'Odéon, Paris, — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie.

La non uniformité de la rotation de la Terre et la définition du temps.

La Revue de l'Université de Bruxelles donne, dans sa livraison d'octobre-novembre 1928, quelques indications intéressantes sur la question de la non uniformité de la rotation de la terre qui s'est trouvée posée par la découverte, dès le milieu du siècle dernier, de variations irrégulières dans l'accélération séculaire de la Lune et d'écarts entre l'instant de production des éclipses et l'instant calculé, écart pouvant atteindre 30 secondes de temps.

Le professeur de Sitter, directeur de l'Observatoire de Leyde, a proposé de considérer deux sortes de temps :

1° le temps newtonien, ou uniforme, qui est la variable indépendante des équations de la dynamique; les moyens mouvements sidéraux des corps célestes lui sont proportionnels;

2° le temps astronomique, qui est le temps mesuré par la rotation de la Terre; il est employé comme argument dans les éphémérides et les tables astronomiques.

On est obligé d'admettre que ces 2 sortes de temps diffèrent à cause de la non uniformité de la rotation de la Terre.

Il semble que les physiciens parviendront à créer une échelle de temps étendue permettant d'aborder expérimentalement l'étude des écarts entre les deux sortes de temps. On a, en effet, construit et mis en service, en particulier dans les Observatoires de Paris et de Greenwich, des pendules astronomiques dont la marche journalière est de l'ordre de 0,001 seconde. On obtient cette précision en entretenant électriquement le mouvement d'une pendule et disposant l'horloge dans des caves dont la température est rigoureusement constante et les enfermant dans des enceintes closes où règne une pression invariable. On disposera bientôt d'un certain nombre de ces horloges réparties sur la surface de la Terre et dont les indications pourront être comparées par T.S.F.

Des changements de la marche apparente journalière, de l'ordre de 0,0035 seconde, ont dû se produire en 1897 et 1918; aurait-on pu les déceler directement si l'on avait possédé ces garde temps très précis? Une analyse approfondie montre que la question ne peut être tranchée d'emblée.

On ne sait pas, dans l'état actuel de nos connaissances sur la structure de la Terre, quelle est la relation qui existe entre une variation relative du moment d'inertie de notre globe et la variation relative correspondante de l'accélération de la pesanteur g en un lieu donné.

Si les variations relatives de g et du moment d'inertie sont du même ordre de grandeur, les indications du pendule libre correspondront à un temps qui ne sera ni le temps newtonien, ni le temps astronomique, tels qu'ils ont été définis; si la variation de g est négligeable, les méthodes physiques permettront de conserver le temps newtonien.

On peut passer du temps astronomique au temps newtonien; dans les « Draft Reports » de l'Union Astronomique Internationale, le professeur de Sitter publie les « corrections à appliquer au temps astro-

nomique pour le changer en temps newtonien ou uniforme », pendant l'intervalle 1640-1930; il faut, pour ce genre de calculs, tenir compte du retard provoqué par la friction des marées.

Il faudra également se baser sur les durées exprimées en temps newtonien dans les applications astronomiques de certaines théories physiques récentes.

A. B.

§ 2. — Sciences physiques.

Une méthode simple de détermination du rapport $\frac{C}{c}$

La maison Leybold de Cologne fournit actuellement des tubes de verre (55 cm. de long. et 1,6 cm. de diamètre environ) dont le calibrage est suffisamment précis pour qu'une bille sphérique d'acier de même diamètre n'y tombe que très lentement et soit susceptible d'y effectuer un certain nombre d'oscillations peu amorties.

On peut tirer parti de cette propriété pour effectuer une mesure rapide du rapport $\frac{C}{c}$ des deux chaleurs spécifiques d'un gaz[1]. A cet effet un flacon de quelques litres, contenant le gaz sur lequel on désire effectuer la mesure, est fermé par un bouchon de caoutchouc traversé par le tube de verre bien calibré; et ce tube est lui-même obturé par la bille d'acier. On mesure la période T des oscillations de celle-ci, oscillations qui correspondent à des compressions et dilatations adiabatiques de la masse de gaz emprisonnée. Si m désigne la masse de la sphère, V le volume de gaz emprisonné, S la section du tube de verre et p la pression du gaz enfermé dans le flacon, on montre par un calcul élémentaire que

$$\frac{C}{c} = \frac{4\pi^2 m V}{S^2 p T^2}.$$

L'expérience a été faite pour l'air et le gaz carbonique. La période T des oscillations, mesurée (sur un ensemble de 10 oscillations) au moyen d'un chronographe de précision, a été 0 sec. 797 dans le premier cas, 0 sec. 834 dans le second cas. L'erreur relative sur ces mesures était de l'ordre de 5 millièmes. On en a déduit les valeurs 1,39 et 1,27 pour le rapport $\frac{C}{c}$, valeurs ou accord très convenable avec celles que l'on admet d'ordinaire. La méthode n'a d'ailleurs aucune prétention à la précision, mais elle peut donner lieu à une jolie expérience de cours.

E. B.

***

La lumière du ciel nocturne.

1. La faible luminosité du fond du ciel, durant les nuits sans lune, est une apparence banale, dont pendant très longtemps personne ne semble avoir recherché les causes. Elle contribue pourtant beaucoup plus à l'éclairement du sol que l'ensemble des étoiles visibles à l'œil nu.

Newcomb admettait encore sans discussion que la lumière du ciel nocturne provenait intégralement des étoiles faibles. En mesurant, pour la première fois, en 1901, la brillance du ciel, il pensait atteindre « la constante fondamentale la plus importante de l'astrophysique » et, par là, obtenir des renseignements sur la structure de l'univers sidéral. Son travail attira l'attention sur un phénomène jusque-là négligé et suscita de nombreuses recherches. Celles-ci établirent notamment que la brillance du ciel était trop grande pour pouvoir être attribuée aux étoiles faibles. Diverses hypothèses furent alors proposées. Les unes attribuaient la luminosité du ciel nocturne à un phénomène lumineux analogue aux aurores polaires, les autres faisaient intervenir une diffusion de la lumière solaire sur des particules cosmiques. Mais la lumière du ciel nocturne était encore trop mal connue pour permettre de choisir entre ces diverses interprétations.

M. J. Dufay vient d'effectuer de nombreuses déterminations sur la brillance du ciel nocturne et sur les propriétés de la lumière qu'il émet[1].

2. Il a mesuré la magnitude visuelle μ et la magnitude photographique μ_g d'un degré carré du ciel au voisinage du pôle, au cours de 117 nuits. Les mesures photographiques étaient faites par la méthode de M. Ch. Fabry, les mesures visuelles au moyen de photomètres à plages dérivant du photomètre sans écran diffusant de MM. Fabry et Buisson. Par ciel pur, les résultats moyens sont :

$$\mu = 4{,}63 \qquad \mu_g = 4{,}37,$$

en prenant pour magnitudes moyennes de l'étoile polaire :

$$m = 2{,}21 \qquad m_g = 2{,}62$$

D'une nuit à l'autre, la brillance du ciel varie en général assez peu (moins que la transparence de l'atmosphère), comme le montrent les mesures faites par comparaison avec une lampe alimentée sous tension constante. Les écarts moyens relatifs aux mesures visuelles et photographiques sont respectivement, par ciel pur :

$$\Delta\mu = 0{,}07 \text{ et } \Delta\mu_g = 0{,}12.$$

M. Dufay n'a jamais observé les changements de brillance dans le rapport de 1 à 3, signalés par Lord Rayleigh en Angleterre. Mais il a constaté de lentes variations, par exemple un accroissement de brillance de 0 m. 31 de janvier à juin 1925, à Montpellier.

3. M. Dufay a également étudié la composition de la lumière diffusée. Le spectre du ciel nocturne fourni par un petit spectroscope à prisme de quartz

1. Rüchardt, *Physikalische Zeitschrift*, du 15 janvier 1927, p. 58.

1. J. Dufay. Recherches sur la lumière du ciel nocturne *Thèse*, Paris, 1928.

peu dispersif montre toujours une étroite ressemblance avec le spectre solaire et ne paraît se distinguer du spectre du ciel bleu que par son intensité relativement plus grande dans l'ultra-violet (pose 25 à 115 heures). L'auteur a déterminé les longueurs d'onde d'une quinzaine de raies d'absorption dans la région de 4.800 à 3.000, sans cependant parvenir à déceler les deux raies brillantes découvertes par Lord Rayleigh dans le bleu et le violet. Le spectre de la lumière zodiacale paraît identique à celui du ciel nocturne.

Dans le vert jaune, la raie de l'aurore est seule visible. L'auteur a cherché à évaluer l'importance relative qu'il convenait d'attribuer à cette raie et au spectre continu par des mesures faites au moyen d'un spectrographe d'un modèle particulier permettant de faire porter la comparaison sur une portion étendue du spectre continu. Le rapport des éclairements produits par la raie et la région du spectre continu s'étendant de 4960 à 60000 A a été trouvé égale à 0,6. Le rapport des énergies correspondantes serait voisin de 0,3 et, dans le cas des observations visuelles, la raie produirait 0,06 à 0,08 de l'éclairement total.

Des comparaisons photographiques avec le ciel éclairé par la Lune et avec diverses étoiles, faites à travers des filtres colorés, montrent qu'abstraction faite de la raie de l'aurore, la couleur du ciel nocturne est beaucoup plus voisine de celle du Soleil que de celle du ciel bleu.

4. En tenant compte de la perturbation apportée par la diffusion atmosphérique, l'auteur a évalué approximativement la brillance qu'aurait le ciel nocturne vu à la limite extrême de notre atmosphère. Il a été amené à conclure que les étoiles faibles produiraient seulement les $\frac{3}{10^e}$ de la lumière du ciel. D'autre part, la lumière zodiacale n'expliquerait que le sixième de la brillance. L'hypothèse la plus vraisemblable est qu'une grande partie de la luminosité du ciel nocturne provient de la diffusion des rayons solaires sur les particules météoriques disséminées dans l'espace.

A. B.

***

Ionisation produite par les rayons α.

Les rayons α, ces noyaux d'hélium munis de leurs deux charges positives que projettent un grand nombre d'éléments radioactifs, ont une action ionisante très variable suivant la vitesse dont ils sont animés. Bragg et Kleeman ont les premiers étudié comment varie l'ionisation en fonction de la distance à la source et appelé courbe d'ionisation la courbe représentant ces résultats. La distance à partir de laquelle on ne peut plus déceler l'ionisation constitue le « parcours » dans le gaz.

Les mesures du rapport entre le parcours dans un gaz et le parcours dans l'air constituent ce qu'on appelle pouvoir d'arrêt moléculaire par rapport à l'air. Bragg l'a mesuré pour les gaz simples et les gaz composés et il a établi que le pouvoir d'arrêt moléculaire d'un gaz composé est égal à la demi-somme des pouvoirs d'arrêt moléculaire des éléments qui le composent, multipliés chacun par le nombre d'atomes de l'élément dans la molécule.

Dans un travail récent M. Consigny [1] a apporté une contribution importante à l'étude des courbes d'ionisation. Voici les principaux points qu'il a établis :

1° Dans les limites de précision des expériences, les pouvoirs d'arrêt des mélanges gazeux suivent la règle d'additivité.

2° Le rapport des pouvoirs d'arrêt de deux mélanges de gaz différents, mais de même composition élémentaire, est égal au rapport de leurs densités.

3° Le pouvoir d'arrêt des métaux n'est pas une fonction simple du poids atomique ni du membre atomique et il dépend, en outre, de la vitesse des rayons alpha incidents.

4° Les déformations de la courbe d'ionisation causées par les métaux en lames minces semblent dues à des inégalités de surface provoquant des fluctuations de parcours.

5° Les alliages métalliques présentant des solutions solides se comportent vis-à-vis des rayons α à peu près comme des métaux purs. Mais les alliages donnant lieu à des entectiques déforment considérablement la courbe d'ionisation.

A. B.

***

Distribution spatiale du rayonnement γ du radium dans les milieux dispersifs légers.

M. Bruzau vient de publier un important mémoire [1] sur la distribution spatiale du rayonnement γ du radium dans les milieux dispersifs. Cette question touche de près à un grand nombre de problèmes théoriques du plus vif intérêt, et les données qu'elle comporte sont de la plus grande utilité pour les applications biologiques et thérapeutiques.

Dans le vide, la répartition autour d'un foyer punctiforme obéit à la loi de l'inverse du carré de la distance. Dans un milieu matériel, à la divergence des rayons à partir de la source s'ajoute, pour diminuer l'intensité, l'action des couches traversées qui retiennent une partie de l'énergie que transporte l'onde : on ne connaît pas de milieu absolument transparent aux rayons X ou aux rayons γ.

L'action des couches traversées ne se manifeste pas uniquement par la transformation d'une partie du rayonnement γ primaire en un rayonnement β secondaire, produisant l'ionisation. Elle se manifeste aussi par la transformation en un rayonnement γ secondaire de diffusion.

Rapportons ici quelques-uns des résultats établis par M. Bruzeau :

1° Il a apporté une vérification indirecte du phé-

1. J. Consigny : Contribution à l'étude des courbes d'ionisation. *Thèse*, Paris, 1928.
2. *Thèse*, Paris, 1928.

nomène de Compton sur l'augmentation de longueur d'onde qu'éprouvent les rayons γ par la diffusion;

2° Il a appelé l'attention sur la valeur toute relative de la notion de longueur d'onde effective d'un rayonnement complexe telle qu'on la déduit de mesures d'absorption. Cette longueur d'onde dépend non seulement du rayonnement analysé mais encore du ou des éléments employés pour l'analyse. Les expériences faites sur le rayonnement γ du radium, sur le rayonnement γ de diffusion de l'eau, et sur des rayons X, montrent que la valeur trouvée pour la longueur d'onde effective d'un spectre complexe est d'autant plus grande qu'on l'évalue au moyen d'écrans de nombre atomique plus élevé. Dans un travail biologique, on commettrait de grosses erreurs si l'on attribuait l'effet produit par un rayonnement complexe à une longueur d'onde effective obtenue par des expériences d'absorption au moyen des éléments lourds.

3° Le courant d'ionisation qui s'établit dans une petite chambre plongée dans un milieu liquide ou gazeux et soumise à l'action d'un rayonnement γ est dû à peu près uniquement à l'action de ce rayonnement sur les parois. Il ne fait donc pas connaître l'action que produirait le rayonnement γ sur la portion du fluide occupée par la chambre si celle-ci n'existait pas. Aussi est-il incorrect d'assimiler les doses de rayons γ absorbés dans un traitement radiothérapique à celles mesurées par une chambre d'ionisation exploratrice dont les parois sont constituées par un élément de poids atomique élevé, ayant par suite une sensibilité spectrale très différente de celle des tissus vivants.

4° Dans les milieux dispersifs existe, à côté du rayonnement γ primaire, un rayonnement γ diffusé plus mou. Par suite de la sélectivité des parois d'une petite chambre d'ionisation, à intensité égale le rayonnement γ diffusé produit un courant plus fort que le rayonnement γ primaire, cette dissymétrie augmentant d'ailleurs avec le poids atomique de la matière qui constitue la paroi. Si l'on prenait comme mesure de l'intensité du rayonnement, l'intensité, sans correction du courant d'onisation, on aboutirait à des résultats paradoxaux. Explorée avec une chambre à paroi d'aluminium, une masse d'eau de dimensions suffisantes paraîtrait transparente aux rayons γ; on devrait donc lui attribuer un coefficient d'absorption nul. Pour interpréter des explorations faites avec des chambres à parois « lourdes », il faudrait attribuer à l'eau des coefficients d'absorption négatifs, ce qui n'aurait aucun sens.

5° Enfin, M. Bruzeau a mesuré, en valeur absolue, l'énergie qu'émet, par seconde, sous forme de rayons γ, 1 g. de radium-élément. Cette mesure, faite par la méthode d'ionisation, avec une chambre contenant de l'air sous pression, de manière à ce qu'intervienne seulement l'action des rayons sur le gaz, a fourni $1{,}08 \times 10^5 \frac{\text{ergs}}{\text{sec}}$, valeur en bon accord avec celle obtenue par Ellis et Wooster au moyen d'une méthode calorimétrique. A. B.

§ 3. — Sciences naturelles

Les minerais tunisiens.

Comme toute l'Afrique du Nord, le sous-sol tunisien est riche en minerais de diverses natures, et l'exploitation des produits miniers devient un élément important du commerce de nos colonies.

Nous donnons ci-dessous les renseignements qui ont pu être recueillis près du service des Mines sur les minerais, actuellement connus en Tunisie, autres que les minerais de fer.

Plomb. — Les minerais exploités sont la galène et la cérusite, qui sont ordinairement associés. Le tableau ci-après donne quelques analyses caractéristiques de ces minerais presque en totalité traités par la fonderie de plomb de Mégrine, près de Tunis.

Les minerais 1 et 2 qui sont classés comme carbonates, contiennent encore une proportion notable de sulfure; les minerais 3, 4, 6 et 7 qui sont classés comme galène sont plus ou moins oxydés. Seul le n° 5 constitue une galène presque sans oxydation.

La teneur moyenne des minerais est d'environ 60 % de métal. Un tiers du tonnage est livré comme carbonate, et les deux autres tiers comme galène.

La structure de la galène est très variable, depuis les minerais à grains très fins jusqu'à l'aquilfou à larges facettes. Elle garde son aspect tant qu'elle n'est pas trop oxydée. Quand elle se transforme en carbonate, elle devient friable et perd une notable partie de son éclat métallique; sa couleur passant au gris ou au gris rougeâtre si elle est ferrugineuse.

Le carbonate de plomb se présente tantôt à l'état de masses lithoïdes ou sableuses, blanches ou grises (Kebouch, Trozza, Safsaf, El Grefa) tantôt encore en masses compactes ou en veinules et croûtes noires à l'éclat adamantin (Hallouf, Touireuf, Ressas, etc.).

Parmi les autres minerais de plomb assez rares d'ailleurs, figurent l'anglésite, la minéthèse et la vanadinite.

La mine de Sidi Amor donne des échantillons de manganate de plomb $Mn^3 O^3 Pb H^2$, celle de Djebel Hallouf, quelques boules d'arsénio-sulfures Pb 40 %, As 16 %, S 18 %.

Dans les minerais de plomb se rencontre la plupart du temps un peu de zinc, en proportions variables; nombre de gisements sont constitués par des minerais mixtes.

Argent. — L'argent se trouve également dans les minerais de plomb, surtout lorsque ceux-ci sont sulfurés (10 à 400 grammes par tonne de minerai). La teneur maximum constatée a été de 1.500 grammes à Slata, Bou-Jaber.

Quelques mines seulement fournissent des minerais vraiment argentifères, notamment dans les gîtes de fer cuivreux.

Un petit lot de minerais ferro-plombo-cuivreux de Slata a donné exceptionnellement, 2.900 grammes d'argent

Cu : 7.60; Pb : 28 30; Ag : 2,90; Fe : 26; Sb : 8,50.

A Sidi Amor Ben Salem, le filon barytique des

Corps dosés	1	2	3	4	5	6	7
Ph %	74,84	55,50	65,30	62,25	51,70	72,12	67,00
Ag %	0,046	0,010	0,355	0,404	0,140	0,248	0,009
Zn %	0,78	3,05	3,55	00,10	4,50	0,86	5,10
As %	0,20	»	0,05	0,01	0,10	0,03	2,95
Sb %	0,14	»	0,12	0,10	»	0,13	1,62
Cu %	»	»	»	»	»	0,02	»
Fe %	0,23	4,26	1,91	1,21	7,50	0,19	2,80
Si %	0,82	2,60	1,75	8,25	3,15	1,18	0,72
Al %	0,66	»	0,17	0,68	2,28	1,73	»
CaO %	0,43	0,70	1,88	0,40	1,32	2,13	1,40
BaO %	»	5,85	0,80	2,54	0,74	0,55	»
SrO %	»	3,08	1,25	0,90	2,25	2,42	0,07
MgO %	»	0,36	0,16	0,10	0,24	0,08	»
S. total %	2,87	4,86	5,05	7,02	19,60	11,81	17,25
S. sulfures %	2,17	3,31	4,68	5,34	18,56	10,58	17,05
CO^2 %	12,20	9,52	11,88	5,75	3,80	»	»

Kabyles conjugué avec le faille nord 20 degrés O a donné quelques échantillons de galène cuivreuse, avec teneur considérable en argent (27 kilos à la tonne).

Divers. — L'arsenic et l'antimoine n'existent en quantité qu'à Sidi Bou Aouane et Djebel Hallouf.

Comme autres impuretés, certains gisements contiennent de la pyrite de fer : Djebel Kabouch, Djebel Charra, Sidi Ahmed, El Akhouet, Sidi Youssef.

Zinc. — Les minerais exploités sont la smithsonite, représentant 75 % de la production, la blende, 20 % et la calamine 5 %. Il convient d'ailleurs de remarquer que les mineurs nomment calamine tous les minerais oxydés. Quand ils veulent préciser ils réservent le nom de calamine au carbonate et appellent le silicate calamine silicatée ou simplement silicate. Ces derniers minerais sont toujours livrés en mélange avec les carbonates.

La calamine se présente sous des aspects divers, tantôt sous la forme concrétionnée ou feuilletée, ou tantôt encore compacte comme un calcaire. Elle contient toujours plus ou moins de calcaires dolomitiques auxquels s'ajoutent des oxydes de fer qui font varier sa couleur du blanc au jaune, ou au rouge.

La blende transparente à éclat vitreux ne se rencontre que dans quelques mines, à Sidi Ahmed, Fedj Assene, Sekarna où elle se présente avec éclat métallique ou plus souvent en masses amorphes de couleur variant du blanc au gris foncé.

La calamine et la blende sont rarement exemptes de plomb; elles renferment du fer, à l'état oxydé dans la calamine, à l'état de pyrite dans la blende. Mais elles ne contiennent aucun autre élément tels que cuivre, arsenic, ou antimoine.

Le silicate ne constitue à lui seul, aucun gisement, mais il se rencontre mélangé au carbonate dans certains gîtes appartenant surtout aux terrains jurassiques.

L'hydrozincite n'est pas rare, mais n'existe nulle part en quantité pouvant en permettre l'exploitation.

Gangue. — La gangue dominante des gites filoniens de plomb ou de zinc est la calcite avec la barytine et la siderose. Accessoirement, on rencontre encore la strontianite, la célestine et la fluorine. Dans les gites de contact, le remplissage renferme souvent de grosses masses d'argiles ferrugineuses enveloppant des blocs de calamine du gypse.

Dans les gites d'imprégnation, et de substitution, les substances stériles sont de même nature que les sédiments qui contiennent des gîtes.

Cuivre. — Dans la Tunisie du Nord on rencontre le cuivre, sous forme de carbonates bleus ou verts, dans l'île de Galife, Ain El Bey, au Djebel Herrach, Oued Zergua, etc., et le plus souvent à l'état sulfuré : cuivre gris et chalcopyrite.

Le seul minerai ayant donné lieu à une exploitation de quelques années est le cuivre gris antimonieux et arsenical du Djebel Chouichia, qui près de la surface est accompagné de ses produits d'oxydation.

Associée au cinabre, on trouve aussi la cuprite avec gangue de fluorine dans une fracture affectant les calcaires jurassiques du Djebel Oust et qui donne naissance à une source thermo-minérale.

L. P.

*
**

La production mondiale de platine.

Le platine prend une importance de plus en plus grande dans la bijouterie et la joaillerie, mais ce métal a aussi de nombreuses utilisations industrielles, en raison de son inoxydabilité. C'est ainsi que, dans l'industrie électrique, lorsqu'il y a lieu d'assurer des contacts excellents, il faut nécessairement avoir recours à lui. Il est, d'autre part, utilisé dans diverses industries chimiques comme catalyseur, sous forme de mousse de platine.

Mais le prix de ce métal (49.000 francs le kilog.) en limite les applications et on cherche à lui substituer des corps moins coûteux.

La Russie est le grand producteur du platine. Elle contient, dans la région des Monts Oural, les plus importants gisements actuellement connus.

La production en Russie est, pour l'instant, en aug-

mentation continue : Après être tombée à 11.000 onces en 1920, elle atteignait 92.000 onces en 1926 et environ 100.000 en 1927. On croît d'ailleurs que cette production pourra rapidement revenir au niveau d'avant-guerre, qui était d'environ 200.000 onces.

La réduction de la production russe a favorisé l'exploitation d'autres gisements et le pays qui, après la Russie, fournit la plus grande quantité de platine, est la Colombie, dont la production est passée de 10.000 onces avant la guerre, à plus de 55.000.

Après la Colombie, vient le Canada avec une production de 9.000 onces, par suite de l'utilisation de sous-produits de la métallurgie du nickel.

D'autre part, on fait encore de gros efforts pour la mise en valeur de gisements sud-africains. Cependant, le développement de leur production n'est pas très rapide, et, en 1926, celle-ci n'atteignait pas encore 5.000 onces. Il paraît cependant, que les gisements de l'Afrique du Sud permettront d'arriver à un prix de revient plus bas que celui des gisements de Colombie.

Au total, la production mondiale, qui était de 250 000 onces avant la guerre, n'est plus, à l'heure actuelle, que d'environ 170.000 onces. Elle reste, toutefois, ainsi supérieure encore à la consommation de platine neuf, qui est tombée de 200.000 onces avant la guerre à 130.000 onces actuellement, par suite de la réutilisation du vieux platine et, d'autre part, par suite d'alliages de substitution. Aussi on a pu assister à une baisse sensible des prix du platine qui ne paraissent pouvoir être rémunérateurs pour les producteurs qu'au moyen d'une entente internationale, entente qui a été déjà tentée pour limiter la production, mais qui a été dénoncée en 1927 par la Russie.

L. P.

***

Les mines en Afrique équatoriale française.

L'Afrique équatoriale française entre seulement dans l'ère minière et il semble que, de ce côté, il y ait de larges espoirs du côté du Congo.

Le cuivre est le métal qui fut le premier découvert et qui, jusqu'à ce jour, a donné lieu à une exploitation véritable.

Dès 1888, on commença à s'occuper des gisements cuprifères du Niari qui offrent des minerais d'une richesse exceptionnelle;

les minerais essentiels sont les suivants :

La chalcosine, contenant 55 % de cuivre;

L'azurite et la malachite, donnant 30 % de métal;

Les dioptases et les chrysovolls titrant 10 %.

On peut encore signaler comme minerai une terre noire servant de gangue à la chalcosine et donnant au traitement 12 %.

En 1911	l'exploitation a fourni		1.900 tonnes
En 1921	—	—	127 tonnes
En 1924	—	—	700 tonnes
En 1928	—	—	800 tonnes

Actuellement, la production est de 200 tonnes mensuelles et pourtant l'exploitation est gênée par le manque d'issues directes vers l'Océan.

Au Moyen Congo, on a signalé du cuivre dans l'extrême Nord, dans le Bassin de la rivière Bali ou Lobaye.

Enfin, dans la région des Monts de Cristal, on a constaté la présence de la malachite, de la chalcosine et, peut-être, de cuivre naturel.

Le plomb, le zinc, l'argent, se trouvent en association avec le cuivre dans le gisement de Niari.

Des concentrations ferrugineuses à haute teneur se rencontrent d'autre part, dans le centre de la colonie.

Le manganèse se trouve dans le lit d'un affluent de l'Ogooué, le Konda, et, dans la région des Morouba.

On a prospecté dans l'Oubangui-Chari un important gisement de cassis — térite.

Des gisements d'étain sont exploités aussi dans la partie Nord du bassin du Bangui.

L'or a été signalé dans la région de Kimongo.

Les gisements aurifères de l'Oubangui-Chari sont alignés, en direction Ouest-Est, depuis la rivière Fafa jusqu'à la pointe Est de la colonie et semblent devoir jouer un rôle important dans l'avenir minier de la région.

Le titane apparaît comme un élément constant dans les associations minéralogiques du Kouango.

Quant aux terres rares, elles sont représentées en Oubangui par la mouazite.

Le graphite, qui se trouve dans la région de Bambari, est le seul métalloïde qui tienne une place importante dans les richesses minières de l'A.E.

On a reconnu des hydrocarbures, particulièrement le long de la côte Atlantique et signalé du sel gemme dans le bassin de la rivière Sébé.

Le calcaire n'est pas rare non plus en A. E. où ses formations affleurent dans le Moyen Congo et le Gabon, en donnant à certains endroits un produit de bonne qualité.

La chaux de Mindoulé paraît être une chaux grasse excellente.

Ainsi, les ressources minérales de l'A.E.F. paraissent se grouper en quelques régions privilégiées.

Le N.O. du Gabon est la région des minéraux; le long de la Côte Atlantique sont les hydrocarbures; le Moyen Ogooué renferme le fer et le manganèse et le bassin du Niari est le domaine du cuivre. Dans la province du Nord les métaux abondent, notamment l'or imprègne le sol de l'Oubangui-Chari, et l'étain, le graphite, la mouazite enrichissent le Koungo.

Tous ces gisements ne seront évidemment pas exploitables de sitôt. Il est nécessaire pour qu'ils le soient, que des moyens de transport aient été préalablement établis. Mais il paraît nécessaire d'attirer néanmoins sur eux l'attention, en vue d'y diriger les capitaux qui y trouveront toute sécurité en raison de la législation dont la colonie a été récemment dotée.

L. P.

LE DÉTERMINANT SUPÉRIEUR, QU'EST-IL EXACTEMENT?

LES CONCEPTIONS DE CAYLEY, A. DE GASPARIS, RICE ET AUTRES

1. — Longtemps négligés, les déterminants supérieurs sont l'objet d'un regain d'intérêt tel que les plus optimistes n'auraient osé l'espérer.

De bonne heure reconnus instrument naturel pour l'étude invariantive des formes, algébriques ou différentielles, ces déterminants conquièrent aujourd'hui droit de cité dans le Calcul vectoriel et aussi, grâce à l'Ecole américaine — où s'illustrent Hitchcok et Rice —, dans le Calcul tensoriel, s'annonçant ainsi comme auxiliaires précieux pour la théorie de la Relativité [1].

Cela étant, l'auteur de ces lignes pense qu'un rapide coup d'œil jeté sur les vicissitudes du concept de déterminant supérieur, depuis l'origine (1843) jusqu'à nos jours, peut-être intéressera ceux des lecteurs de la *Revue* — assurément la grande majorité — instruits de ce qu'est un déterminant ordinaire et de son rôle important dans les mathématiques, même inférieures.

2. — Le premier qui se soit occupé des déterminants supérieurs est l'illustre mathématicien A. Cayley (1821-1895). Peu importe s'il les a appelés différemment, il les a définis adéquatement et en a établi des propriétés parmi les plus importantes. Agé seulement de 21 ans et demi, il était auteur déjà d'une sérieuse production lorsqu'il présenta (février 1843) à la Société Philosophique de Cambridge — dont il est l'une des gloires — un travail [2] qui porte la griffe du lion. La seconde partie, quatre pages seulement, mais concises et rigoureuses, est consacrée à ce qu'il appelle, sans les dénommer autrement, des « fonctions réductibles à une somme de déterminants »; ces fonctions sont les déterminants supérieurs [3], dans le cas particulier, toutefois, des omnisignants.

Dans cet exposé, qui semble être resté longtemps méconnu, Cayley va beaucoup plus loin que la plupart de ses successeurs — non en surface, mais en pénétration —, notamment en ce qui concerne le dominant problème de la multiplication des déterminants. Plus loin surtout que l'astronome italien Annibal de Gasparis (1819-1892), auquel on a souvent attribué — combien à tort! — la priorité en la matière [4]; cela à cause d'un opuscule [5] dont le titre, plus heureux que celui choisi par Cayley, a soin de révéler les « déterminants dont les éléments ont plusieurs indices »; mais cet écrit, puérilement prolixe, est très superficiel et — *in cauda venenum!* — n'a paru qu'en... 1861! L'auteur n'avait pas moins de 42 ans.

Quant au géomètre de Cambridge, si sa conception déterminantale, supérieure à celle de de Gasparis, se borne aux omnisignants — la généralisation ne date que de 1918 —, il n'en a pas moins le grand mérite de n'écrire rien d'inexact dans un domaine où cela n'est assurément pas aisé, puisque, jusqu'aux environs de 1910, la plus grande partie de la production sur la matière est entachée de vices graves. On peut dire que, dans toute l'étendue des sciences mathématiques, il n'est pas d'autre province où l'on se soit autant tenu à l'écart du droit chemin [6].

Mettre en lumière et discuter l'évolution de la définition des déterminants supérieurs, tel est le principal objet de cet article. L'occasion sera ainsi donnée de faire connaître aussi une bonne partie de la terminologie fondamentale, adoptée

---

1. Cf. M. LECAT, Coup d'œil sur les applications actuelles des déterminants supérieurs (va paraître). Pour un exposé extrêmement concis de la théorie proprement dite voir: Coup d'œil sur la théorie des déterminants supérieurs, Bruxelles, M. Lamertin, 1927 (in-8° de VII-200 pp.). Pour plus de détails, en attendant le Traité in-4°, en trois volumes dont le premier paraîtra en 1929, consulter: Leçons sur la théorie des déterminants à n dimensions, avec applications, Gand, Paris, 1910 (gr. in-4° de XXIII-223 pp); Abrégé de la théorie des déterminants à n dimensions, avec de nombreux exercices, Gand, Paris, 1911 (gr. in 4° de XVI-156 pp.). Si l'on ne s'adresse qu'à l'un de ces deux derniers ouvrages, on choisira le second, qui, s'il est plus bref, apporte déjà d'importantes améliorations. Une bibliographie des déterminants supérieurs, qui peut être considérée comme complète jusqu'à 1923 et qui consigne les moindres contributions, a paru en appendice (pp. 1-14) de notre Bibliographie de la Relativité (Bruxelles, Lamertin, 10 avril 1924). Pour les travaux postérieurs, voir le Coup d'œil (1927), pp. [93-96] (2e pagination).

2. A. CAYLEY, On the theory of determinants, *Transactions Cambridge Philos. Soc.*, t. VIII, 1842-9, pt. I, éd. 1844, pp. 75-88; partic. le § 2 (pp. 85-88), intitulé « On the notations and properties of certain functions resolvable into a series of determinants ».

3. Plus tard (1851), CAYLEY et SYLVESTER, à l'occasion de leur application des déterminants supérieurs à la théorie invariantive des formes algébriques, appelleront *commutants* ces déterminants [cf. n° 21].

4. Voir notamment H. VOGT, *Encyclopédie des Sciences mathématiques*, tome I, vol. 1, fasc. 1, Paris, Leipzig, 1904, art. 2, Analyse combinatoire et théorie des déterminants, n° 35, p. 131. — Dans cet article Cayley n'est pas cité.

5. Jean-Blaise GRANDPAS [pseudonyme-anagramme], Sur les déterminants dont les éléments ont plusieurs indices, s.l., 25 sept. 1861 [in-8° de 7 pages]. Brochure très rare, mais heureusement réimprimée, dans le *Giornale di Matematiche* (Naples), série 3, t. I, 1910, pp. 64-71, avec une note du directeur E. PASCAL.

6. Nous n'omettons pas le Calcul des variations, dont cependant l'élaboration, au cours du XIXe siècle, a été si pénible.

aujourd'hui [7]. Dans un tel sujet, elle est inévitablement assez abondante.

3. — Soit la *matrice générale, de classe n* (ou à *n dimensions*) et *d'ordre p* : ses p^n *éléments* sont représentés par une même lettre affectée d'un *locant* de n indices, jouant en quelque sorte le rôle de coordonnées et prenant chacun les valeurs entières 1, ..., p. La matrice se représente par son *élément général* enfermé entre doubles barres, comme suit :

$$\left\| b_{k_1, \ldots, k_n} \right\|_p \quad \text{ou} \quad \left\| b(k_1, \ldots, k_n) \right\|_p,$$

les *indices matriciels* étant désignés, pour systématisation, par une même lettre (k) affectée successivement des *indicules* 1, ..., n, marquant le *rang*.

Choisissons p éléments tels que chaque *rangée*, formée par les indices de même rang, constitue une permutation des p premiers nombres ; choix possible de $(p!)^n$ manières, si l'on tient compte de l'arrangement des éléments dans la permutation, sinon de $(p!)^{n-1}$ façons distinctes, chacune répétée $p!$ fois et fournissant une *transversale*. Pour obtenir les $(p!)^{n-1}$ transversales, il convient d'y mettre les éléments dans un ordre déterminé, toujours le même, des p valeurs d'un indice de rang arbitrairement choisi. Si l'on suit l'ordre de grandeur croissante, ce qui est commode, la rangée et l'indice sont dits *ordonnés*, leur rang est le *rang ordonnateur* et l'opération est dite *rangement*.

4. — Si l'on effectue le produit des éléments d'une transversale, on obtient un *membre* [8] du *permanent* P de la matrice ; le permanent, de classe n (ou à n dimensions) et d'ordre p, étant la somme des $(p!)^{n-1}$ membres. Si les permutations avaient lieu dans toutes les rangées, on obtiendrait $p!$ fois P.

Le permanent *se représente* et, si l'on n'ordonne pas de rangée, *s'exprime* respectivement comme suit :

$$\text{(I)} \qquad \left| b(k_1, \ldots, k_n) \right|_p^+ = \frac{1}{p!} \sum_{k_1=1}^{p} \cdots \sum_{k_n=1}^{p} \Big]_1^p \Big[_\alpha \; b\left(k_1^{(\alpha)}, \ldots, k_n^{(\alpha)}\right),$$

chaque sommation étant effectuée pour les $p!$ permutations dans une rangée

$$k_N^{(1)}, \ldots, k_N^{(p)} \qquad (N = 1, \ldots, n),$$

constituée, comme il a été dit, par les p premiers nombres. Pour simplifier les notations, nous écrirons :

$$\frac{1}{p!} \sum_{k=1}^{p} \Big]_1^p \Big[_\alpha \; b\left(k_1^{(\alpha)}, \ldots, k_n^{(\alpha)}\right),$$

étant entendu que la sommation, qui est n^{uple}, remplace n sommations simples, chacune s'appliquant à $p!$ permutations. Dans la suite, nous n'écrirons jamais plus qu'un seul signe sommatoire, la fonction qu'il couvre ne pouvant jamais laisser place à aucune équivoque au sujet du domaine d'application de ce symbole ni de son degré de multiplicité. Le produit qu'affecte la sommation est le *membre général*.

Si l'on ordonne un indice, soit α, de rang φ, l'expression devient :

$$\text{(II)} \qquad \sum_{k=1}^{p} \Big]_1^p \Big[_\alpha \; b\left(k_1^{(\alpha)}, \ldots, k_{\varphi-1}^{(\alpha)}, \alpha, k_{\varphi}^{(\alpha)}, \ldots, k_{n-1}^{(\alpha)}\right);$$

il est souvent commode d'y prendre 1 ou n pour rang ordonnateur, α venant ainsi, soit avant, soit après tous les autres indices ; on écrira, par exemple,

$$\sum_{K=1}^{p} \Big]_1^p \Big[_\alpha \; b\left(\alpha, K_1^{(\alpha)}, \ldots, K_{n-1}^{(\alpha)}\right);$$

mais il importe de constater que le *rang ordonnateur n'affecte que les notations et le calcul, non le permanent lui-même*. L'expression (II) a l'avantage de ne pas introduire le facteur $\frac{1}{p!}$, qui figure dans (I) ; mais elle a, par contre, l'inconvénient de la rupture — à cause de l'indice ordonné α — de la symétrie de notations dont jouit l'expression (I).

5. — Ayant posé la définition du permanent, nous pouvons passer à celle de déterminant, qui en dérive. Un déterminant d'une matrice ne diffère, en effet, de son permanent que par le signe des membres ; et, parmi les diverses conceptions déterminantales, plusieurs ne se distinguent que par la manière d'attribuer ce signe. Mais c'est là une question assez délicate, comme nous allons le voir.

En premier lieu, nous exposerons la manière dont ceux des auteurs d'avant 1918, qui n'ont pas commis d'erreur, ont attribué le signe aux mem-

7. Que le lecteur n'en conclue pas que la terminologie, posée dans ce travail, aurait la prétention d'être, toute entière, définitive ! Dans une matière en évolution, comme l'est encore la théorie des déterminants supérieurs, il est toujours fort probable que le vocabulaire se perfectionnera. Mais il n'en est pas moins utile de savoir où l'on en est en 1929

8. Nous avons dit ailleurs (en 1924) les raisons pour lesquelles nous avons cru utile de substituer le mot *membre* à *terme*, généralement employé. Bien entendu, nous nous servirons aussi de « terme », mais dans un sens non identique à celui de « membre ».

bres, ce qui fournira la définition d'un omnisignant.

Dans une permutation d'éléments quelconques, on appelle *inversion* la combinaison d'un élément avec un élément qui le suit dans cette permutation, mais qui le précède dans l'ordre naturel, par exemple alphabétique ou de grandeur croissante. Le *signe d'une permutation* est, par définition, + ou — suivant que le nombre des inversions y est pair ou impair. Aisé à démontrer, le *théorème de Cramer-Bezout* dit qu'une permutation change de signe si l'on échange deux éléments. Le théorème de Cramer-Bezout *généralisé* consiste en ce que si des éléments sont représentés par un même symbole affecté de n indices, l'échange de deux éléments d'une permutation altère ou non le produit des signes des n rangées d'indices suivant que n est impair ou non.

6. — Cela étant, on est amené à distinguer deux cas en ce qui concerne le signe des membres du déterminant.

Supposons d'abord la classe paire et effectuons les permutations dans toutes les rangées, ce qui, nous l'avons vu, donne $(p!)^n$ termes. Avec Cayley, affectons chaque terme du produit des signes de ses n rangées [9]. Les termes qui se répètent ($p!$ fois) ont, tous, le même signe (+ ou — suivant les cas) [10], en vertu du théorème de Cramer-Bezout généralisé. La fonction vaut donc $p!$ fois la somme algébrique de tous les *membres* (termes distincts). On peut obtenir celle-ci en appliquant le produit des signes après qu'on a — comme il a été fait pour le permanent — écrit, suivant un ordre arbitrairement choisi, les indices d'un rang déterminé. Propriété importante, ce rang est indifférent si n est paire, en ce sens qu'on obtient toujours la même fonction des éléments de la matrice, fonction qui est l'un de ses déterminants. Suivant la notation ombrale [11], Cayley *représente* cette propriété comme suit :

$$\left\{\begin{matrix}1 & 1 & \dots & (n)\\ 2 & 2 & \dots & \\ \dots & \dots & & \\ p & p & \dots & \end{matrix}\right\}^{\dagger} = \left\{\begin{matrix}1 & 1 & \dots & (n)\\ 2 & 2 & \dots & \\ \dots & \dots & & \\ p & p & \dots & \end{matrix}\right\}^{\dagger} = \dots = \left\{\begin{matrix}1 & 1 & \dots & (n)\\ 2 & 2 & \dots & \\ \dots & \dots & & \\ p & p & \dots & \end{matrix}\right\}^{\dagger}$$

$$= \frac{1}{p!}\left\{\begin{matrix}1 & 1 & \dots & (n)\\ 2 & 2 & \dots & \\ \dots & \dots & & \\ p & p & \dots & \end{matrix}\right\} \quad (n \text{ pair}),$$

le symbole † étant la « marque de non-permutation » dans la colonne [12] qu'elle surmonte, ainsi devenue « impermutée » [13]. Le fait de mettre † en dehors des accolades signifie que cette marque peut être placée indifféremment au-dessus d'une colonne quelconque.

Si une rangée est ordonnée, son signe est évidemment +; il suffit donc de prendre le produit des signes des autres rangées. Grâce à cette remarque, la propriété ci-dessus *s'exprime* ainsi :

$$\frac{1}{p!}\sum_{K=1}^{p}\Big]_{1}^{2q}\overline{N}\Big[\left(\pm K_N\right)\Big]_{1}^{p}\overline{\alpha}\Big[b\left(K_1^{(\alpha)}, \dots, K_{2q}^{(\alpha)}\right) =$$

$$\text{(III)} \quad = \sum_{\omega=1}^{p}\Big]_{1}^{2q-1}\overline{\varepsilon}\Big[\left(\pm\omega_\varepsilon\right)\Big]_{1}^{p}\overline{\alpha}\Big[b\left(\omega_1^{(\alpha)}, \dots, \omega_{\varphi-1}^{(\alpha)}, \alpha, \omega_{\varphi}^{(\alpha)}, \dots, \omega_{2q-1}^{(\alpha)}\right),$$

quel que soit le rang ordonnateur φ; le symbole $(\pm\omega_s)$ représente le signe de la rangée $\omega_s^{(1)}, \dots, \omega_s^{(1)}$, constituée, on le sait, par une permutation de $1, \dots, p$, et la sommation s'applique comme il a été expliqué plus haut.

Dans le cas de classe paire, on peut donc procéder de deux manières, représentées par les deux membres de la dernière égalité. A gauche les notations sont plus symétriques, mais la rançon en est la présence du facteur $\frac{1}{p!}$.

7. — *Lorsque la classe est impaire*, les choses sont tout autres. Si les permutations ont lieu dans toutes les rangées, la somme algébrique obtenue est nulle, car chaque série de termes identiques en comprend autant de positifs que de négatifs (soit $\frac{p!}{2}$), en vertu du théorème invoqué plus haut [14]. Cayley exprime cette propriété ainsi :

$$\left\{\begin{matrix}1 & 1 & \dots & (n)\\ 2 & 2 & \dots & \\ \dots & \dots & & \\ p & p & \dots & \end{matrix}\right\} = 0 \qquad (n \text{ impair});$$

d'une manière plus explicite, nous écrirons :

$$\text{(IV)} \quad \sum_{K=1}^{p}\Big]_{1}^{2q+1}\overline{N}\Big[\left(\pm\omega_N\right)\Big]_{1}^{p}\overline{\alpha}\Big[b\left(K_1^{(\alpha)}, \dots, K_{2q+1}^{(\alpha)}\right) = 0.$$

Si la classe est impaire, il est donc essentiel [15] de laisser fixe une rangée ordonnée. En outre,

9. On dit parfois aussi, ce qui manifestement revient au même, que le signe est donné par la *somme des nombres des inversions* dans toutes les rangées.

10. Soit $n = 4$, $p = 2$. Représentons, pour la commodité, les éléments par leur locant. On a, par exemple, les couples de termes :
$(-1112.2221, -2221.1112)$, $(+1122.2211, +2211.1122)$,

11. Due à Sylvester pour $n = 2$.

12. Une *colonne*, dans la notation ombrale, correspond à une rangée de la terminologie habituelle.

13. « *Unp rmuted column* » (Cayley, 1843).

14. Exemple. $n = 3$, $p = 2$. Au terme -112.221, correspond $+221.112$.

15. Nous verrons plus loin (n° 9) que certain auteur n'admet pas que ce soit essentiel.

il est remarquable — et capital dans la théorie des déterminants — qu'on obtienne, *en général*[16], tous résultats différents suivant la rangée impermutée. Ainsi les n fonctions, que Cayley représente ainsi :

$$\begin{Bmatrix} \overset{\dagger}{1} & 1 & \dots & (n) \\ 2 & 2 & \dots & \\ \dots & \dots & \dots & \\ p & p & \dots & \end{Bmatrix}, \quad \begin{Bmatrix} 1 & \overset{\dagger}{1} & \dots & (n) \\ 2 & 2 & \dots & \\ \dots & \dots & \dots & \\ p & p & \dots & \end{Bmatrix}, \text{ etc. } (n \text{ impair}),$$

sont, en général, différentes et le signe † ne peut plus être mis en dehors des accolades. Cayley a remarqué cette propriété, qui a échappé à beaucoup de ses successeurs, notamment à de Gasparis. L'expression

$$(V) \quad \sum_{\omega=1}^{p} \prod_{1}^{2q} \varepsilon \left[\left(\pm \omega_\varepsilon \right) \right] \prod_{1}^{p} \alpha \left[b\left(\omega_1^{(\alpha)}, \dots, \omega_{\varphi-1}^{(\alpha)}, \alpha, \omega_{\varphi}^{(\alpha)}, \dots, \omega_{2q}^{(\alpha)} \right) \right]$$

prend donc, *en général*, 2q+1 valeurs distinctes [cf. n° 19] quand l'indice ordonné α occupe successivement tous les rangs (1,2, ..., 2q+1).

Si le signe était donné par toutes les rangées, l'une d'elles étant fixe mais non ordonnée, les membres pourraient changer de signe par interversion des facteurs. Exemple :

$$+ 111.222 - 112.221 - 121.212 + 122.211,$$
$$- 222.111 + 221.112 + 212.121 - 211.122,$$

la seconde ligne s'obtenant en intervertissant les facteurs des termes de la première; et la somme est nulle.

8. — En résumé, *après rangement, le signe d'un membre est le produit des signes des rangées inversives.*

Ainsi définis, les déterminants sont appelés par nous *omnisignants*. On les représente et, d'après ce qui précède, on les exprime respectivement ainsi :

$$\left| b(i_1, \dots, i_n) \right|_p = \sum_{\omega=1}^{p} \prod_{1}^{n-1} \varepsilon \left[\left(\pm \omega_\varepsilon \right) \right] \prod_{1}^{p} \alpha \left[b\left(\omega_1^{(\alpha)}, \dots, \omega_{\varphi-1}^{(\alpha)}, \alpha, \omega_{\varphi}^{(\alpha)}, \dots, \omega_{n-1}^{(\alpha)} \right) \right];$$

mais le signe peut naturellement s'exprimer encore dans d'autres notations[17], par exemple ainsi :

$$\prod_{1}^{p} \left[\frac{\prod_{1}^{n-1} \varepsilon \left[\left(\omega_\varepsilon^{(x)} - \omega_\varepsilon^{(z)} \right) \right]}{(x-z)^{n-1}} \right]_{z}^{x}, \quad x \neq z,$$

suivant la méthode suivie par L. Gegenbauer (d'après Kronecker pour les déterminants ordinaires).

9. — Si la classé est paire, l'omnisignant est un *persignant*; si elle est impaire, un *quasi-persignant*. Cette terminologie se justifiera plus loin. Dans le cas de matrice générale, on les représente respectivement ainsi :

$$\overline{\left| b(i_1, \dots, i_n) \right|}, \qquad \left| b(i_1, \dots, \overline{i_n} \right|;$$

mais à droite la désignation du déterminant est incomplète, car elle laisse ignorer quel est le rang φ de l'indice inopérant pour le signe et l'on ne sait donc auquel des n quasi-persignants on a affaire.

Les expressions des persignants et quasi-persignants sont respectivement (III) et (V) si la classe n est désignée par 2q et 2q+1 (pour mettre la parité en évidence).

Etant donnée une matrice, Vaidyanathaswamy[18] définit son (unique) *pur déterminant* par la condition que toutes les rangées donnent le signe. Son expression générale est le premier membre de l'égalité (III), mais n remplaçant 2q. Pour n paire (soit 2q), ce n'est donc autre chose que le persignant. Pour n impaire, ce n'est plus un omnisignant (on sait qu'il y en a alors n, dits quasi-persignants). Bien que le pur déterminant de classe impaire soit identiquement nul — conformément à (IV) [n° 7] —, Vaidyanathaswamy, contrairement à Cayley et à l'auteur de ces lignes, ne rejette pas ce cas. Nous en reparlerons.

10. — De ce qui précède, il résulte que : *sans supposer les éléments d'un membre d'abord arrangés dans un ordre particulier, le signe d'un omnisignant est le produit :* a) *des signes de toutes les rangées en cas de persignant;* b) *des signes de toutes les rangées sauf une, en cas de quasi-persignant.*

Cette remarque a suggéré à L. H. Rice[19], en 1918, une importante généralisation de l'étroite conception déterminantale antérieure, à laquelle avait conduit le rangement. Cet auteur qualifie un indice de *signant* ou de *nonsignant* (en anglais)[20], sui-

16. Nous disons *en général*, car si la matrice est particulière, il peut y avoir dégénérescence, appelée *mérogénéite*, comme nous le verrons [n° 19].

17. On peut aussi faire usage de symboles de Kronecker, mais nous passons ceci sous silence.

18. R. VAIDYANATHASWAMY, On mixed determinants, *Proceedings R. Soc. Edinburgh*, t. XLIV, 1923-1924, éd. 1925, pp. 168-184 partic. p. 169.

19. L.-H. RICE, P-way determinants, with an application to transvectants. *American Journal Math.*, t. XL, 1918, fasc. 3 (juillet), pp. 242-262, partic. p. 246. — Dès 1915, M. LECAT avait envisagé la même généralisation que Rice, mais les événements l'ont empêché de rien publier à ce sujet avant l'auteur américain. Celui-ci mérite d'ailleurs de détenir la priorité, car il a été plus loin, dans l'étude de cette généralisation, que l'auteur du présent article.

20. VAIDYANATHASWAMY (*loc. cit.*) emploie respectivement les qualificatifs *determinantal* et *non-determinantal*, qui sont assez suggestifs. Mais chacun d'eux pourrait prêter à équivoque avec un autre sens, qu'il est préférable de leur réserver.

vant que les inversions de sa rangée comptent ou non pour attribuer le signe aux membres. Pour la commodité, nous proposons d'appeler encore *scottien*[21] un indice non-signant. Dans un déterminant ordinaire, il y a, exclusivement, 2 *signances*; dans un quasi-persignant cubique, il y en a 2 aussi, mais il y a en outre une *non-signance*.

Passant aux matrices à plus de trois dimensions, on voit, avec Rice, qu'il est possible non seulement d'avoir n signances si la classe n est paire et n-1 si elle est impaire, mais aussi d'en avoir moins, dans chaque cas, pourvu que le nombre en soit pair. Un *déterminant ricien*, ou plus simplement un *ricien*[22], s'obtient donc, à partir du permanent, lorsque chaque membre est affecté du produit des signes d'un nombre pair de rangées choisies. Lorsque le contexte le permettra sans inconvénient, on dira simplement « déterminant » pour « déterminant ricien ».

11. — Un indice peut donc avoir l'un ou l'autre des deux *caractères*[23] : signant ou scottien. La *signature* du déterminant est la répartition des caractères dans le locant; *elle est nécessaire et suffisante pour assigner le déterminant, la matrice étant donnée.* Un déterminant ricien peut s'appeler un *déterminant à signature quelconque*[23a].

Une signance s'indique[24] en surmontant de la marque $\cap$ l'indice qui en jouit; pour un scottien, on emploie la marque $\cup$.

Il y a une ressemblance intéressante entre le comportement des symboles $\cup$ et $\cap$ respectivement avec les signes $+$ et $-$. Et l'on peut définir le *produit de deux caractères* comme étant le caractère qui correspond au produit de leurs signes correspondants :

$$\cup.\cup = \cup, \quad \cap.\cap = \cup, \quad \cap.\cup = \cap, \quad \cup.\cap = \cap$$
$$+.+ = +, \quad -.- = +, \quad -.+ = -, \quad +.- = -;$$

Ainsi le produit de deux caractères est une signance ou non, suivant que ces deux caractères sont différents ou non. Cette remarque se généralise au cas du produit d'un nombre quelconque de caractères. Bornons-nous à signaler, en particulier, que si toute puissance (entière) x du scottien, $\cup^x$ conserve ce caractère, par contre $\cap^x$, c'est-à-dire *signance puissance x*, est $\cap$ ou $\cup$ suivant que x est impair ou pair. Cette notation est souvent très commode par sa grande concision.

12. — L'*espèce* ν d'un déterminant, ou d'une signature, est le nombre des signances. Des déterminants de même signature sont évidemment de même espèce, mais la réciproque n'est pas vraie. Il y a

$$1 + \mathrm{E}\,[n : 2]$$

valeurs admissibles pour l'espèce ν (en admettant $\nu = o$); suivant la conception de Vaidyanathaswamy — qui ne fait aucune restriction au sujet de la parité de ν —, il y en aurait toujours $n+1$, dont les extrêmes donnent le permanent ($\nu = o$) et le pur déterminant, celui-ci d'espèce égale à la classe ($\nu = n$).

Les espèces o et n (paire) sont dites *singulières*.

Les omnisignants [c.f. nos 8-9][25] sont, pour une classe donnée, les déterminants de la plus grande espèce (paire) : c'est donc la classe elle-même, si elle est paire, ce qui donne le persignant; c'est la classe diminuée d'une unité, si elle est impaire, ce qui fournit les n quasi-persignants, correspondant aux diverses positions du scottien.

Le *semi-signant* est un déterminant de classe n multiple de 4 et d'espèce $(n : 2)$, donc à nombre égal de signants et de scottiens.

La qualité du persignant se dit la *persignance*; on dit de même l'*omnisignance*; etc...

Ce qui a constitué une entrave considérable au développement de la théorie des déterminants supérieurs, c'est que les *omnisignants*, malheureusement les seuls envisagés d'abord, *ne se suffisent pas*, puisque d'importantes questions y relatives ne peuvent être résolues complètement qu'à l'aide de riciens, comportant plus d'une non-signance[26].

C'est fort tard qu'on a élargi la conception déterminantale, en la libérant de la restriction de l'unicité de non-signance, le premier travail publié, qui a nettement introduit la pluralité des scottiens (abstraction faite des permanents) n'ayant paru, nous l'avons dit, qu'en 1918[27].

---

21. Adjectif formé, d'une manière assez commode, avec le nom propre Scott. Cet auteur a considéré, mais non le premier, les permanents (qui n'ont que des indices scottiens).

22. Nous introduisons ici cette terminologie.

23. Antérieurement, nous disions *signatures* (d'indices).

23a. Rice dit *determinant of any signancies*.

24. Nous avons introduit cette notation dès 1910 (Leçons, *l. c.*) et nous l'avons toujours utilisée depuis lors. Divers auteurs l'ont adoptée. Rice fait aussi usage de + pour u et de + pour −, en en surmontant les indices, soit en plaçant ces marques hors barres.

25. Rice (*loc. cit.*) dit *full-sign determinants*. — F. L. Hitchcock et L. H. Rice [The multiple complement, *J. Math. Physics*, t. IV, 1925, p. 182] disent qu'un omnisignant est le *leading determinant* d'une matrice, si c'est au premier rang que se présente l'éventuelle non-signance (qui n'existe que si la classe est impaire).

26. Parmi ces questions importantes, citons : le développement des omnisignants par décomposition (cf. Coup d'œil, 1927, chap. V) et leur multiplication par files [*ibid*, chap. XI], celle-ci utilisée dans maintes applications invariantives. Le produit « cayleyen » (ou « cayléen ») de deux omnisignant ne conserve cette nature que si le produit des classes des facteurs est pair; cette restriction, appelé *exception cayleyenne*, a déjà été observée par Cayley, mais elle a échappé à beaucoup de ses successeurs, notamment à Gegenbauer.

27. On pourrait voir dans les *Determinantenpermanente* de Gegenbauer (1890) le germe des déterminants riciens. Voir, à ce sujet, les ouvrages de l'auteur, en particulier : Coup d'œil (1927), pp. 58-60.

D'espèce nulle ($\nu=o$), le permanent n'a que des scottiens. C'est le seul déterminant dont tous les membres sont positifs et il constitue donc une sorte d'exception. Les autres déterminants (à signances) possèdent et des membres positifs et des membres négatifs, nécessairement en même nombre $(p!)^{n-1}:2$. Les négatifs sont ceux à nombre impair de rangées signantes négatives. Comme beaucoup de propriétés des déterminants à signances cessent d'avoir lieu pour les permanents, il vaut mieux — nous sommes d'accord avec Rice — mettre ceux-ci à part, n'employer, dans les énoncés de théorèmes, le mot déterminant que s'il y a des signances (au moins 2) et faire une mention spéciale dans le cas où le théorème a encore lieu quand l'espèce est nulle.

13. — Une matrice de classe n possède $\binom{n}{2\alpha}$ déterminants d'espèce 2α et au total

$$\delta_{1,(-1)^n}\sum_{\alpha=0}^{n:2}\binom{n}{2\alpha}+\delta_{1,(1)^{n-1}}\sum_{\alpha=0}^{\frac{n-1}{2}}\binom{n}{2\alpha}=2^{n-1}$$

déterminants, permanent compris, correspondant à autant de signatures (dans cette formule, $\delta_{i,j}$ est le symbole de Kronecker). Suivant la conception déterminantale de Vaidyanathaswamy, il y en aurait

$$\sum_{t=0}^{n}\binom{n}{t}=2^n,$$

mais la moitié identiquement nuls (ceux d'espèce impaire).

Des déterminants d'une même matrice sont des *codéterminants*; naturellement tous de signatures différentes, ils sont ou ne sont pas de même espèce.

Deux déterminants de même classe paire sont *alliés* lorsqu'ils ont des signatures complémentaires, c'est-à-dire quand les signants de l'un correspondent aux scottiens de l'autre. Il est évident que les espèces sont alors, elles aussi, complémentaires, leur somme étant la classe; mais cette condition nécessaire n'est pas suffisante. Le permanent et le persignant sont les alliés extrêmes. Si n est multiple de 4, il y a $\frac{1}{2}\binom{n}{n:2}$ couples de semi-signants alliés (tous de même espèce); exemple :

(UUΠΠ, ΠΠUU), (UΠΠU, ΠUUΠ),
(UΠUΠ, ΠUΠU).

14. — Le déterminant (ricien)

$$\left|\, b\left(\overset{\frown}{\mathrm{K}}_1,\ \ldots,\ \overset{\frown}{\mathrm{K}}_\nu;\ \overset{\smile}{\mathrm{K}}_{1+\nu},\ \ldots,\ \overset{\smile}{\mathrm{K}}_n\right)\right|_{p^\nu\cdot\nu!}\quad \nu \text{ pair},$$

où les mêmes caractères sont pris adjacents en vue de faciliter l'écriture, peut s'exprimer de ces deux manières :

$$\text{(VI)}\qquad \sum_{\omega=1}^{p}\Big]_{\sigma}^{\mu}\Big[\left(\pm\omega_\sigma\right)\Big]_1^p\Big[b\left(\omega_1^{(\alpha)},\ \ldots,\ \omega_{n-1}^{(\alpha)},\ \alpha\right),$$

$$\mu\equiv\nu-\delta_{\nu,n}$$

$$\text{(VII)}\qquad \sum_{\varepsilon=1}^{p}\Big]_{s}^{\nu-1}\Big[\left(\pm\varepsilon_s\right)\Big]_1^p\Big[b\left(\alpha,\varepsilon_1^{(\alpha)},\ \ldots,\ \varepsilon_{n-1}^{(\alpha)}\right),$$

en ordonnant un indice extrême pour simplifier. Dans (VI), le signe indiqué est, on le voit, le produit des signes de ν rangées signantes si $\nu<n$, et de $n-1$ si $\nu=n$. Dans (VII), le signe est le produit des signes toujours de $\nu-1$ rangées signantes (non ordonnées). Dans le cas du persignant, ces deux expressions ne diffèrent que par le rang ordonnateur.

En particulier, pour un quasi-persignant (où $\nu=n-1$), (VI) donne une expression équivalente à (V) [n° 7]; mais (VII) fournit une expression nouvelle [28] :

$$\left|\, b\left(\overset{\smile}{i}_1,\ \ldots,\ \overset{\smile}{i}_n\right)\right|_p=\sum_{\varepsilon=1}^{p}\Big]_{s}^{n-2}\Big[\left(\pm\varepsilon_s\right)\Big]_1^p\Big[b\left(\alpha:\ \varepsilon_1^{(\alpha)},\ \ldots,\ \varepsilon_{n-1}^{(\alpha)}\right).$$

15. — Vaidyanathaswamy appelle *déterminants mixtes* les déterminants qui, en général, comportent des indices des deux caractères. Pour ces déterminants, il écrit une expression qui revient à

$$\frac{1}{p!}\sum_{k=1}^{p}(-)^{[k_1,\ \ldots,\ k_\nu]}\Big]_\alpha^p\Big[b\left(\mathrm{K}_1^{(\alpha)},\ \ldots,\ \mathrm{K}_n^{(\alpha)}\right),$$

les permutations ayant lieu dans toutes les rangées et le signe étant fourni par les signantes. Si l'espèce est impaire, la fonction s'évanouit, en vertu du théorème de Cramer-Bezout généralisé [n° 5]. Cet auteur est d'avis qu'on ne doit cependant pas rejeter ce cas [29]. Mais si, l'espèce ν étant impaire, une rangée signante était fixe sans être ordonnée, les membres pourraient, toujours en vertu du même théorème, changer de signe quand on y intervertit l'ordre des facteurs (comme dans

28. Par exemple, si, dans un déterminant cubique, le premier rang est scottien et si le second est ordonné, on écrit :

$$+\,111.222-112.221-212.121+211.122.$$

29. « The work of both RICE and LECAT excludes completely from the theory the determinant, which have an odd number of signants evidently on the ground that they vanish identically. A form-theorist would not naturally approve this attitude. » (*loc. cit.*, p. 183).

le cas spécial où $\nu=n$) [cf. fin n° 8], ce qui ne peut être admis ici [30].

Si l'espèce égale la classe, on a, nous l'avons vu, ce que cet auteur appelle un pur déterminant [n° 9].

Un quasi-persignant est un déterminant mixte à un seul scottien.

La dénomination de « déterminants mixtes » peut être conservée ; elle ne fera pas double emploi avec celle de « ricien » si l'on convient que seuls les premiers excluent *a priori* et le permanent et le persignant (qui ne sont pas mixtes, puisqu'ils ne comportent, chacun, que des indices de même caractère).

16. — Pour une signature tout à fait quelconque et ensuite pour le cas du permanent exclu, les barres sont surmontées des signes + et —, respectivement comme suit :

$$\left|\overset{+}{b}(i_1, \ldots, i)\right| \quad , \quad \left|\overset{-}{b}(i_1, \ldots, i_n)\right|$$

évidemment, ces marques ne remplacent pas la signature et, d'autre part, elles deviennent à peu près superflues si celle-ci est consignée sur l'élément général.

Pour que des déterminants puissent avoir même signature, il n'est évidemment pas nécessaire que l'ordre soit le même : il ne vient rien faire dans la question ; il suffit qu'ils aient même classe. Pour indiquer qu'une même signature affecte des déterminants figurant dans une relation ou dans une expression, on surmonte d'une même marque conventionnelle, par exemple $\smile$, la barre de gauche de la représentation de chacun de ces déterminants.

17. — Le moment est venu de discuter les conceptions déterminantales de Cayley et de A. de Gasparis. Nous commencerons par ce dernier, en renversant donc l'ordre chronologique [31].

Par présomption injustifiée d'analogie avec ce qui a lieu pour les déterminants ordinaires [32], certains auteurs, à commencer par de Gasparis, n'ont attribué à une matrice de p^n éléments qu'un seul déterminant, et cela quelle que soit la classe n.

Certes, on pourrait définir, comme déterminant unique de la matrice, le pur déterminant [n° 9]. Tout en étant étroit et malheureux, ce point de vue ne constituerait pas une erreur logique proprement dite.

Ce n'est pas ce que fait de Gasparis. Ayant ordonné, dans les membres, l'indice de rang 1 [cf. n° 8], il prend le produit des signes des rangées. Fort bien. Mais il ne dit pas s'il est indifférent ou non, pour la recherche du signe des membres, d'ordonner un autre indice, et ses écrits témoignent que — contrairement à Cayley — de Gasparis tient le choix pour arbitraire et toujours sans influence sur la fonction définie.

Les omnisignants comportent, nous l'avons vu, le plus grand nombre possible (pair) de signances : pas de scottien si la classe est paire (cas du persignant), sinon un (et un seul). Dire qu'un déterminant est persignant, c'est donner sa signature ; mais si c'est d'un quasi-persignant qu'il s'agit [33], pour assigner l'identité du déterminant, on doit situer le scottien. Le méconnaître, c'est verser dans l'*erreur fondamentale*. C'est précisément ce que font A. de Gasparis et ses congénères [34]. Ils ne distinguent pas le cas de n paire d'avec celui de n impaire, tandis que Cayley (longtemps avant) s'était plu à insister, à quatre reprises, sur la division des omnisignants en deux sortes, suivant la parité de la classe. Pour n paire, le déterminant de de Gasparis est le pur déterminant (donc notre persignant) et il n'y a alors aucune objection à formuler ; mais si la classe est impaire, la fonction n'est plus l'unique pur déterminant (nul), c'est *l'un* des quasi-persignants de la matrice.

On peut concéder que la définition de A. de Gasparis *se* suffise ; mais elle est loin de suffire à la théorie des omnisignants. Qu'intervienne, en effet, dans une question, une matrice de classe impaire, par exemple cubique (ce qui est le cas dans plusieurs écrits de l'auteur italien), et qu'il s'agisse d'un quasi-persignant, le scottien ne sera pas nécessairement toujours au premier rang et il faudra donc le situer, sous peine d'ambiguïté. Bien plus, si sur un quasi-persignant déterminé on opère comme si son rang scottien était 1 alors qu'il est autre, on sera *généralement* — pas *né-*

30. Dans les *déterminants ordonnés*, dont nous parlerons plus loin [n° 22], on ne peut plus intervertir l'ordre des éléments dans les membres, comme on peut le faire dans les déterminants *scalaires* (nos déterminants actuels).

31. D'après le n° 2, le lecteur se rendra compte du bien-fondé de ce procédé.

32. Un exemple remarquable, montrant à quel point on doit se défier des présomptions d'analogie, est fourni par l'adjoint d'un déterminant, c'est-à-dire par le déterminant des premiers mineurs (ici interviendraient de compliquées considérations de signatures). Gegenbauer (1883) a cru démontrer que, dans le cas de n dimensions, la relation connue entre un déterminant ordinaire et son adjoint se conserve (à un facteur numérique près). Cela est faux, et non seulement cette relation n'a plus lieu en général pour $n>2$, mais l'adjoint n'est même plus fonction du *déterminant* primitif (comme on est porté à le croire, par présomption d'analogie), mais seulement fonction des *éléments*.

33. C'est nécessairement le cas lorsque la matrice est cubique, si l'on exclut le permanent et le pur déterminant (identiquement nul).

34. Armenante (1866), Padova (1868) et d'autres. Nous ne pouvons entrer dans des détails, sans sortir du cadre assigné à cet article.

cessairement [cf. n° 19], — conduit à des résultats faux. De même, en général, si l'on opère sur un ricien comme s'il avait telle signature, alors qu'il en a telle autre.

18. — Parmi les auteurs qui, n'envisageant que les omnisignants, n'ont pas versé dans l'erreur fondamentale [n° 17], la plupart n'ont pas nettement conçu la notion, pourtant si simple, de non-signance. Il en est ainsi, peut-être de Cayley, mais indubitablement de L. Gegenbauer. Ils semblent avoir confondu, plus ou moins, les deux concepts, bien distincts, de scottien et d'indice ordonné. Et cette espèce de méprise n'a guère moins que l'erreur fondamentale été néfaste dans le développement de la théorie des déterminants supérieurs.

En ce qui concerne l'indice ordonné, le choix est toujours arbitraire (nous l'avons vu), tandis qu'il ne l'est pas — sauf par définition en cas de monogénéité [n° 19] — pour l'indice scottien d'un quasi-persignant. La « colonne impermutée » de Cayley n'est autre que la « rangée d'indices fixe »[35] de Gegenbauer; c'est celle de l'indice ordonné, mais auquel ces auteurs (dans un quasi-persignant) font jouer, en outre, le rôle scottien.

Que faut-il penser de cette duplicité de fonctions? C'est ce que nous allons voir.

Si un indice i est scottien, il n'a, par définition, aucun effet sur le signe d'aucun membre, que la rangée de i soit positive ou négative. *Mais la réciproque n'a pas lieu.* Cayley et Gegenbauer se sont comportés tout comme s'ils la croyaient vraie; sans doute n'y auront-ils pas songé[36]. De ce qu'une rangée est positive — étant par exemple ordonnée —, dans tous les membres, et n'a donc, *en son état actuel*, aucun effet sur le signe, il ne résulte pas que l'indice correspondant soit scottien. Ainsi, dans un déterminant ordinaire et plus généralement dans tout persignant, un indice, pour être ordonné, n'en est pas moins nécessairement signant. Dans un quasi-persignant et dans tout déterminant mixte, un indice ordonné pourra avoir l'un ou l'autre caractère, comme dans les formules (VI) et (VII) du n° 14. Le caractère d'un indice en est une qualité intrinsèque, essentielle à la désignation et aux propriétés du déterminant; par contre, le fait qu'un indice est ordonné constitue un attribut extrinsèque[36a] et qui n'a, d'ailleurs, aucune relation nécessaire avec le caractère.

A peu près comme dans le cas d'espèce nulle, le rangement [cf. n° 3], pour un déterminant, est subsidiaire et ne concerne que son calcul; mais alors qu'il n'avait aucun danger pour $\nu=o$, le rangement, à cause de la duplicité dont nous parlions, a eu pour effet indirect, dans le cas de classe supérieure, de maintenir obscures et étriquées, pendant trois quarts de siècle, les conceptions déterminantales.

La duplicité en litige n'est pas nécessaire et, si elle est licite, elle peut n'être pas sans inconvénient, même écartée toute idée fausse. La confrontation des formules (VI) et (VII) met en lumière un avantage pratique de ne pas choisir un scottien comme indice ordonné. Si, en effet, l'indice ordonné n'est pas scottien, les inversions doivent être dénombrées seulement dans $\nu-1$ rangées signantes; sinon dans ν.

Dans le cas de quasi-persignant, cette dualité de fonctions attribuées à un même indice est une espèce d'artifice, plus ou moins inconsciemment utilisé par maints auteurs (dont Cayley et Gegenbauer) et qui a pu dispenser, mais aussi a empêché — et longtemps! —, de concevoir nettement la notion, si simple, de caractère d'un indice.

Rice, lui, a projeté la lumière, en envisageant la pluricité de caractères des deux sortes; d'où sa généralisation. Elle est de la plus haute importance, car les omnisignants, nous l'avons dit, ne se suffisent pas [n° 12].

Chez Cayley, l'étroite conception déterminantale n'a pas engendré d'erreurs; mais il en est tout autrement chez Gegenbauer, qui est cependant l'un de ceux qui ont produit le plus grand effort en faveur des déterminants à n dimensions. Les plus importantes questions ont été traitées par lui d'une manière partiellement ou totalement vicieuse[37].

35. « *Feste Indexreihe* » (1880).

36. Une fréquente cause d'erreur, dans les sciences mathématiques et autres — aussi dans la vie courante —, consiste en la tendance à croire — ou à se comporter comme si l'on croyait — vraie une réciproque, en réalité fausse. Souvent l'idée de réciprocité ne vient même pas; sinon, la question posée, on pourrait arriver à la trancher dans un sens conforme à la vérité. — Qu'on nous permette un exemple, fort piquant, pris en Physique. La fixité, sous pression constante, du point d'ébullition d'un individu chimique, enseignée dans les cours les plus élémentaires, a souvent fait admettre *inconsciemment* la réciproque. Que de mésaventures arrivées à des chimistes, même parmi les plus éminents, à cause de cette inconcevable irréflexion! De nos jours encore, de grands traités de Physique ne font pas seulement allusion à l'*azéotropisme*! Bien pis : dans un cours universitaire sur la chaleur — publié cette année même —, n'avons-nous pas vu la fixité du point d'ébullition *donnée comme critère* d'unicité de substance! Or, il y aura bientôt un siècle qu'on a découvert les premiers azéotropes et, depuis plusieurs années, on en connaît des milliers! L'azéotropisme fera l'objet d'un prochain article dans la *Revue*.

36a. Toutefois cela n'est vrai que pour les déterminants *scalaires* les seuls envisagés jusqu'ici dans cet article. Dans les déterminants *ordonnés*, nous le verrons [n° 22], le rang ordonnateur joue un rôle, non de commodité, mais essentiel tout comme le caractère.

37. Il en est ainsi, par exemple, de la décomposition des déterminants supérieurs et de leur multiplication par files.

19. — Dans ce qui précède, nous avons été amené à faire de vagues allusions à une notion qui doit maintenant être précisée.

Si une matrice M, de classe n, n'est pas générale, ses $\binom{n}{\nu}$ déterminants d'espèce ν peuvent n'être pas tous différents, diverses signatures donnant une même *valeur, multiple.* M cesse alors d'être *hologène,* pour devenir *mérogène*[38] *pour l'espèce* ν. La matrice M est *monogène pour l'espèce* ν si tous les déterminants de cette espèce sont égaux; c'est une *monogénéité relative.* Pour les deux espèces singulières [n° 12], il y a manifestement à la fois mono- et *hologénéité*; mais pour les autres espèces, M peut n'être ni hologène, ni monogène.

Il faut distinguer entre : d'une part, la *monogénéité pour chacune des espèces* $\nu_1, \ldots, \nu_k$ et d'autre part la *monogénéité pour l'ensemble des espèces* $\nu_1, \ldots, \nu_k$; dans le premier cas, la valeur relative à l'espèce ν_α est, en général, différente de celle relative à l'espèce ν_β, pour $\alpha \gtrless \beta$ et α , $\beta = 1, \ldots, k$; dans le second cas, il y a égalité entre toutes ces valeurs. La monogénéité est dite *absolue* lorsqu'elle a lieu, au moins séparément, pour *toutes* les espèces; dans ce cas, M fournit, en général, $1+E[n:2]$ valeurs, dépendant de l'espèce, mais non de la signature.

S'il y a égalité entre tous ses déterminants, la matrice est dite *unipare* ou *quasi-unipare,* suivant que le permanent est compris ou exclu. Il y a alors monogénéité pour chaque espèce et, de plus, la valeur d'un déterminant est indépendante de la signature, pourvu que, dans le second cas, il y ait des signances (au moins 2).

Il ne peut être question d'exposer ici quoi que ce soit des conditions générales des diverses sortes de mérogénéité. Bornons-nous à dire que les deux principales manières de *mérogénéiser* une matrice M consistent : l'une à la *trouer* convenablement, l'autre à l'*actiniser.* Lorsque l'élément général est symétrique par rapport à deux indices au moins (ceux-ci devenant ainsi *commutatifs*) la matrice jouit d'une *actinité.*

Un *vide* peut maintenir l'hologénéité, mais l'existence d'indices permutables, donc équivalents, rend toujours la matrice mérogène. En particulier, est absolument monogène, mais non unipare, la matrice *actinomorphe* générale, où, par définition, les indices sont permutables entre eux (des $n!$ manières possibles).

Si nous ajoutons que l'existence et aussi la nature de toute mérogénéité peuvent être subordonnées à la valeur de la classe et de l'ordre (dans une matrice où ceux-ci sont laissés indéterminés), on entreverra l'immensité du domaine de recherches que fournissent les déterminants supérieurs.

20. — Nous allons maintenant poser diverses généralisations nouvelles de la notion de déterminant. Elles sont d'importance très inégale.

De par la définition d'un déterminant, il n'y a qu'*un seul élément* d'un même membre dans une même *couche à n—1 dimensions.* On est conduit à deux extensions si l'on modifie l'une ou l'autre des deux restrictions soulignées[39].

Dans le premier cas, considérant une *matrice d'ordres* $p_1, \ldots, p$, en général inégaux, on est conduit à définir ce que l'auteur de ces lignes a appelé *hyperdéterminants*[40], fonctions compliquées et qui ne paraissent pas susceptibles d'applications. Nous n'en dirons rien de plus.

La seconde généralisation est plus intéressante. Définissons donc le *superdéterminant* de classe, genre, ordre et signature (donc espèce) quelconques. Le *genre* est g si, dans la seconde restriction susdite, $n-1$ est remplacé par $g-1$, les p éléments de chaque membre formant une *transversale de genre* g (au lieu de n). Le superdéterminant de genre g et d'espèce ν (paire), à rangs signants $\tau_1, \ldots, \tau_\nu$, est la somme des $\pi \equiv p^{n-g}\binom{n}{g}$ déterminants de mêmes espèce et rangs signants, et de classe g, des couches à g dimensions de la matrice (de classe n). Dans ces *déterminants partiels,* les rangs sont naturellement comptés dans la suite des *indices variables,* en omettant les *indices constants*; les rangs des g indices variables orientent la matrice du déterminant partiel, et les valeurs des $n-g$ indices constants la situent dans la matrice donnée.

Tout déterminant de genre g possède $\pi(p!)^{g-1}$ membres et, hors le cas spécial où $\nu=0$, il y en a autant de positifs que de négatifs. Le genre g peut être l'un des nombres $1, \ldots, n$ et l'espèce est l'une des valeurs paires non supérieures à g. Lorsque le genre est pair et que $\nu=g$, on a le *persignant de genre g,* tandis que si $\nu=g-1$ (le genre

L'exception cayleyenne [cf. note 26, n° 12] a toujours échappé à Gegenbauer, même après qu'il eût démontré, de manières diverses, et fréquemment utilisé la multiplication par files, au cours de ses treize années (1880-1892) d'études sur les déterminants supérieurs. Ces recherches ont toutes été publiées dans les recueils de l'Académie des Sciences de Vienne.

38. Cette notion a été posée et étudiée par l'auteur, depuis 1910.

39. Ces généralisations ont été posées par l'auteur de ce travail (Abrégé, 1911, pp. 126-127), qui les a étudiées dans une série de mémoires.

40. Ce mot a été créé par Cayley, en 1845, et utilisé, provisoirement par lui, pour désigner ce que, depuis 1851, il a dénommée, avec Sylvester, invariants.

étant impair), on a le *quasi-persignant de genre g*. Il y a 2^{g-1} déterminants de genre g, dont $\binom{g}{\nu}$ d'espèce ν, et une matrice de classe n possède $2^n - 1$ déterminants ; ce nombre deviendrait 2^n si l'on n'écartait pas le genre nul, mais il y a lieu de le mettre à part, car le déterminant de ce genre, égal à la somme des puissances p des éléments, ne dépend plus de leur disposition dans la matrice.

Dans tout ceci, nous avons écarté aussi le cas d'espèce impaire, qui fournirait des superdéterminants nuls.

Pour les superdéterminants, les notions relatives à la mérogénéité [n° 19] se compliquent, par l'introduction de la notion de genre.

21. — En 1851, Cayley et Sylvester ont, de concert, appelé *commutants* les omnisignants, que le premier, dès 1845, avait appliqués à la théorie invariantive des formes algébriques.

Les commutants ne s'appliquent directement qu'aux formes de degré pair, pour les autres, on doit employer un procédé détourné, en considérant une forme concomitante d'un tel degré. Cette imperfection a conduit les deux mathématiciens à imaginer, à peu près indépendamment l'un de l'autre [41], la méthode de *commutation partielle*, corollaire très simple de la précédente, dite de *commutation totale*. Les *commutants totaux* ne sont autres que les commutants tout court (donc les omnisignants), mais opposés aux *commutants partiels* ou *intermutants*.

En quoi se différencient-ils ? Alors que dans les commutants les permutations affectent les rangées entières, dans les commutants partiels, un certain nombre de rangées sont divisées en segments où se font exclusivement les permutations.

On le voit, les intermutants s'éloignent fort des déterminants et il convient de les séparer de l'étude des déterminants, même généralisés. Nous devions cependant signaler cette importante extension.

22. — Les déterminants envisagés jusqu'ici sont *scalaires*, les éléments étant commutatifs (dans leur multiplication). Lorsqu'ils sont non-commutatifs, on est conduit à la notion de *déterminants ordonnés*, posée, en 1925, par F. L. Hitchcock et L. H. Rice [42] en vue des applications aux poliadiques et au Calcul tensoriel.

Par définition donc, suivant qu'un déterminant est respectivement scalaire ou ordonné, on peut ou on ne peut pas intervertir, arbitrairement, l'ordre des éléments dans chacun de ses membres [cf. n° 15].

Dans un déterminant non scalaire exclusivement, le fait qu'un indice est ordonné constitue une propriété intrinsèque, comme le caractère [cf. n° 18]. Pour témoigner du rôle essentiel du rangement dans les nouveaux déterminants, l'indice ordonné y sera dénommé, d'après Hitchcock, *indice ordinal*. Son rang est l'ordinalité [43]. Un déterminant primordinal est un déterminant dont l'indice ordinal est de rang 1.

Entre l'ordinalité et la signature, il n'y a *a priori* aucune relation. Donc, tout comme un indice *simplement* ordonné, un indice ordinal peut être signant ou non, et rien n'est changé à la question du signe des membres.

La signature et l'ordinalité sont, ensemble, nécessaires et suffisantes pour assigner le déterminant ordonné, la matrice étant donnée.

Pour faciliter l'intelligence de ce qui précède, donnons deux exemples, les plus simples possible. Adoptons les notations de Rice ; il surmonte d'un aster l'ordinal, de + un scottien et de ± un signant ; en outre, pour plus de compacité de l'élément général, un indicule est placé exactement en dessous de la lettre à laquelle il s'applique. On peut ainsi écrire les quasi-persignants cubiques ordonnés :

$$\begin{vmatrix} b^{*}_{u} & {}^{*}_{+} & {}^{*}_{\pm} \\ {}_{+}{}_{u} & {}_{\pm}{}_{u} & {}_{\pm}{}_{u} \\ {}_{1} & {}_{2} & {}_{3} \end{vmatrix}_{2} = \begin{vmatrix} {}^{*}_{+} & {}^{*}_{\pm} \\ {}_{\pm} & {}_{\pm} \end{vmatrix}_{2} \begin{vmatrix} b_{111} & b_{112} \\ b_{121} & b_{122} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} b_{211} & b_{212} \\ b_{221} & b_{222} \end{vmatrix} =$$

$$= b_{111}\, b_{222} - b_{112}\, b_{221} - b_{121}\, b_{212} + b_{122}\, b_{211}$$

41. A. CAYLEY. On the theory of permutants, *Cambridge Dublin Math. Journal*, t. VII, 1852, pp. 40-51, 98 ; *Papers*, t. II, Cambridge 1889, pp. 16-21, 26-27 ; J. J. SYLVESTER. On the principles of the calculus of forms, *ibid.*, pp. 52-97, 179-217, partic. pp. 75-95, *Collected Math., Papers*, t. I, Cambridge, 1904, pp. 304-325.

42. F. L. HITCHCOCK et L. H. RICE, The multiple complement..., *Journal Math. Physics*, t. IV, 1925, fasc. 3 (mai), pp. 179-187), partic., p. 182. — F. L. HITCHCOCK. A theory of ordered determinants with application to polyadics. *J. Math. Physics*, t. IV, 1925, fasc. 4 (juillet), pp. 205-237. Cet auteur [p. 209] croit être le premier à envisager des déterminants supérieurs à éléments non-commutatifs. C'est inexact. En effet, dès 1879, R. F. SCOTT (1849-1920). [On cubic determinants and other determinants of higher class and on determinants of alternate numbers, *Proc. London Math. Soc.*, série 1, tome XI, 1879-80, pp. 17-29. le § 15 et dernier] avait étudié des omnisignants de produits de nombres alternés. Ensuite J. E. CAMPBELL (1862-1914). [Notes on déterminants. *Proceedings London Math. Soc.*, série 1, t. XXIV, 1892-1893, pp. 67-79] montre l'équivalence entre les quasi-persignants et les déterminants de classe 2 de produits impairs de nombres alternés, et l'équivalence entre les persignants et les déterminants de classe 2 de produits pairs de nombres alternés. HITCHCOCK détient toutefois la priorité pour le cas de signature quelconque. D'ailleurs, SCOTT et CAMPBELL, s'ils ont considéré des déterminants non-scalaires (de nombres alternés), n'ont cependant pas posé explicitement la notion de *déterminant ordonné* (« *ordered determinant* »).

43. *Ordinal index* (HITCHCOCK) = indice ordinal. — Quant à *ordinalité*, c'est L. H. RICE (File multiplication of ordered determinants *Journal Math. Physics*, t. IV, 1925, f. 4 (juillet), pp. 200-204, partic. p. 203], qui a introduit ce mot (*ordinality*).

$$\begin{vmatrix} b_{\substack{+\\v\\1}} & \substack{*\\\pm\\v\\2} & \substack{\pm\\v\\3} \end{vmatrix}_2 \equiv \begin{vmatrix} \substack{+\\*\pm\\\pm} & \\ & \end{vmatrix} \begin{vmatrix} b_{111} & b_{112} \\ b_{121} & b_{122} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} b_{211} & b_{212} \\ b_{221} & b_{222} \end{vmatrix}$$

$$= b_{111}\, b_{222} - b_{112}\, b_{221} - b_{212}\, b_{121} + b_{211}\, b_{122},$$

les éléments ne pouvant être permutés dans les membres. Dans chacun de ces déterminants, le scottien est de rang 1; quant au rang ordinal, il est respectivement 1 et 2.

L'élément non commutatif le plus général est la *polyadique* [44], envisagée par Hitchcock.

Beaucoup de propriétés de déterminants scalaires sont conservées ici, mais la non-commutativité entraîne, comme à prévoir, des propriétés nouvelles [45].

Introduits seulement depuis trois ans, les déterminants ordonnés se révèlent déjà fort importants. Leurs applications ont été étudiées, dans une série de mémoires de grande valeur, notamment par Hitchcock, Rice et C. M. Cramlet. Elles sont relatives à l'invariantologie des formes, tant différentielles qu'algébriques, et au Calcul tensoriel [46].

Maurice Lecat,
Docteur ès-Sciences,
Ingénieur civil des Mines.

44. Comme cas le plus particulier, il y a les *dyades* de Gibbs. Sous la dénomination de *vector determinants* (déterminants de vecteurs), Hitchcock (*loc. cit.*) envisage les déterminants dont les éléments sont toutes quantités ou opérations en général non-commutatives, telles que quaternions polyadiques, opérateurs différentiels ou intégraux Cet auteur démontre que ces déterminants ont une parenté étroite avec des déterminants scalaires de classe plus élevée, ce qui généralise les résultats de Campbell (voir, ci-dessus, la note 42).

45. Par exemple, comme le démontrent Hitchcock (*loc. cit*) et Rice (*loc cit.*), les lois de la multiplication (règle de Scott-Rice ou de multiplication par éléments, règle de Cayley-Rice ou de multiplication par files) sont conservées, moyennant toutefois certaines précisions notamment en ce qui concerne les ordinalités. En relation avec celles des déterminants facteurs, l'ordinalité du déterminant-produit comporte *deux* indices ordinaux, ce qui suppose une extension du concept; mais nous ne pouvons ici nous engager dans cette voie.

46. Un tenseur possède une ressemblance formelle avec une polyadique.

PRINCIPES DE LA THÉORIE ÉLECTRONIQUE DE LA VALENCE

La théorie classique de la valence date de trois quarts de siècle environ. Mais sous la poussée des faits qu'apportait en foule une riche expérimentation, elle vit ses cadres débordés. Cependant des hypothèses aussi célèbres que fécondes, telles que la théorie stéréochimique de Lebel et Vant'Hoff, des ions d'Arrhénius, des valences partielles de Thiele vinrent à son secours. Les explications qu'elles fournirent se juxtaposèrent à celles de l'ancienne conception. Il paraît bien que la préoccupation qui domine toutes les modifications apportées ait été d'adapter à l'explication des faits nouveaux la théorie primitive de la valence en changeant le moins possible son essence profonde.

Il semble que nous soyons aujourd'hui à un tournant et que nous assistions à une période d'évolution analogue à celle du début de la seconde moitié du XIXe siècle.

En effet, grâce aux travaux des physiciens, les notions sur la structure de la matière passent du domaine des conceptions métaphysiques à celui des sciences exactes. Les données sur la structure électronique des atomes sont des données expérimentales et il est impossible que les idées si précises que l'on possède à l'heure actuelle ne soient pas utilisées par les chimistes.

Les nouvelles acquisitions de la Science dans le domaine de la structure de l'atome doivent naturellement avoir une répercussion sur notre représentation de l'affinité chimique. Et, puisqu'ainsi s'expliquent tant de faits laissés jusqu'ici dans l'ombre, on ne doit pas craindre de bâtir sur des fondements nouveaux et d'abandonner une théorie trop de fois restaurée pour être encore féconde.

En fait, l'élaboration de cette conception nouvelle, que nous désignerons sous le nom de théorie électronique de la valence n'en est déjà plus à ses débuts et il nous a paru opportun d'exposer, d'une manière succincte et élémentaire les grandes lignes de cette nouvelle doctrine que ne doit plus ignorer aucun chimiste.

1° Constitution de l'atome

Les atomes sont constitués par un noyau matériel chargé d'électricité positive entourés d'atomes d'électricité négative appelés électrons. Ces électrons neutralisent la charge positive du noyau dans les atomes neutres.

On appelle nombre atomique d'un élément, la charge positive constante de son noyau central exprimée en quantités élémentaires d'électricité.

Le nombre atomique sera donc le même que le nombre d'électrons entourant le noyau dans l'atome neutre, mais dans l'atome neutre seulement. En effet, contrairement à la charge positive du noyau qui reste constante pour un même élément, le nombre d'électrons de l'atome peut varier. L'atome prend alors des charges positives ou négatives, se transforme en ion.

La charge positive du noyau croît régulièrement avec le numéro d'ordre de l'atome auquel il appartient dans la classification périodique. Le numéro d'ordre de l'élément sera donc son nombre atomique. En considérant le tableau de la classification périodique, nous connaîtrons immédiatement le nombre atomique et par suite le nombre d'électrons entourant le noyau de l'élément électriquement neutre.

Nous aurons donc ainsi les nombres d'électrons dans les atomes neutres, c'est-à-dire, les nombres atomiques suivants :

H.1 He.2 Li.3 Be.4 B.5 C.6 N.7 0.8 F.9
Ne.10 Na.11 Mg.12 Al.13 S1.14 P.15 S.16 Cl17
Ar.18 K.19 Ca.20

Or, il était admis que le lithium était monovalent, le glucinium bivalent, le bore trivalent, le carbone tétravalent, etc... dans leurs combinaisons oxygénées, c'est-à-dire, que dans cette liste, la valence croît généralement d'une unité comme le nombre d'électrons quand on passe d'un élément au suivant. Il était donc naturel de penser que l'union des atomes devait se faire par les électrons. D'autre part on s'aperçoit que la valence tombe à zéro quand on passe de l'hydrogène à l'hélium, du fluor au néon, du chlore à l'argon, etc... On est donc conduit à admettre que les deux premiers électrons se neutralisent chimiquement et que les suivants se compensent mutuellement par groupes de huit. Cette manière de voir empruntée à des faits d'ordre chimique confirme donc l'opinion des physiciens qui considèrent que les atomes possèdent autour de leurs noyaux positifs des couches successives d'électrons : la première constituée de deux électrons seulement et les deux suivantes de huit électrons chacune.

Les couches électroniques des gaz rares sont donc complètes mais tous les autres éléments ont une couche superficielle incomplète. Ce serait aux électrons de cette dernière couche que serait due l'affinité chimique. Aussi ces électrons ont-ils reçu le nom d'électrons de valence.

2° Règle d'Abegg

Dans ce qui précède, quand nous avons employé le terme valence, nous avons ajouté « dans leurs combinaisons oxygénées ». C'est qu'en effet pour un même élément il existe deux sortes de valences, l'une spéciale à ses combinaisons oxygénées, l'autre à ses combinaisons hydrogénées ou métalliques. Depuis longtemps déjà on s'est aperçu que la valence n'était pas immuable et dépendait entre autres de la nature des éléments mis en réaction. Mais il y a un fait bien connu et fort curieux : c'est que si la valence n'est pas une constante caractéristique de l'élément, la somme des valences maximum de cet élément vis-à-vis de l'oxygène et de l'hydrogène est égale à huit. Et nous retrouvons l'importance de ce nombre huit, caractéristique de la couche électronique stable des gaz rares.

Pour mémoire seulement, nous illustrerons cette règle due à Abegg, par quelques exemples.

Considérons le gaz carbonique et le méthane, l'anhydride azotique et l'ammoniac, l'anhydride sulfurique et l'hydrogène sulfuré, les acides perchlorique et chlorhydrique, nous trouvons pour les valences mises en jeu dans toutes ces combinaisons les nombres :

$$4 + 4 = 5 + 3 = 6 + 2 = 7 + 1 = 8.$$

Nous pouvons en passant faire remarquer, que la constance de la valence du carbone se rattache à ce fait qu'il est tétravalent.

3° Théorie de Kossel

Si nous mettons à part l'hydrogène qui ne renferme qu'un électron et l'hélium qui comprend une couche neutre de deux électrons, nous savons que les éléments légers sont constitués par des couches électroniques superposées, une couche interne de deux électrons, une couche externe de un à huit électrons (c'est la couche de valence), complétées parfois par une ou deux couches intermédiaires de huit.

La chute de valence de sept à zéro quand on passe d'un élément de la huitième colonne de la classification périodique à un élément de nombre atomique immédiatement supérieur, c'est-à-dire, à un gaz rare, peut s'expliquer par la compensation chimique mutuelle des huit électrons. Les couches de huit électrons représentent donc un état de plus grande stabilité et tous les atomes tendront à prendre cette configuration. En général ils montreront une certaine aptitude à prendre la configuration du gaz rare le plus voisin, c'est-à-dire que les éléments des premières colonnes perdront leurs électrons de valence en se chargeant positivement, tandis que ceux des dernières colonnes acquerront des électrons supplémentaires en se transformant ainsi en ions négatifs.

On comprend dès lors pourquoi les éléments électropositifs sont situés à gauche dans la classification de Mendeleeff tandis que les éléments électronégatifs le sont à droite.

Par exemple, un atome de sodium pourra perdre l'électron qu'il possède en excès par rapport au néon, il le cédera à un atome de fluor qui complétera ainsi sa couche superficielle pour prendre la configuration électronique du même gaz rare. De même, un atome de magnésium perdra deux électrons pour prendre la configuration du néon en les cédant à deux atomes de chlore qui prendront la configuration de l'argon. Mais par cet échange d'électrons le sodium et le magnésium acquerront respectivement une et deux charges positives en se transformant en cations mono et divalents, tandis que le fluor et le chlore se transformeront, par l'acquisition d'un électron, en anions monovalents.

Les ions seront maintenus à côté l'un de l'autre par leur attraction électrique et formeront ainsi les molécules de fluorure de sodium et de chlorure de magnésium.

Pour que les deux ou les trois ions de ces molécules se séparent en ions libres, il faudra qu'agisse l'agitation thermique. Et quand celle-ci est suffisamment forte les ions peuvent se trouver assez éloignés pour que leur attraction devienne négligeable et cette force diminuera d'autant plus rapidement que la constante diélectrique du milieu sera plus grande. On conçoit donc que la dissolution dans certains liquides très isolants comme l'eau pure provoque la production d'ions libres à des températures relativement basses.

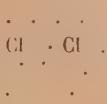
La théorie de Kossel se prête bien à l'explication des molécules ionisées ou facilement ionisables, mais elle n'est pas applicable à la généralité des combinaisons chimiques.

Elle demande donc un perfectionnement, une généralisation.

4° La théorie de l'Octet, de Langmuir et Lewis

Nous avons dit que la couche de huit électrons représentait un état stable. D'après la théorie de Kossel, et en n'envisageant qu'un certain nombre de combinaisons, nous avons vu les éléments se créer cette couche électronique de huit, soit en cédant les électrons de leur couche superficielle, soit au contraire en faisant l'acquisition de ces électrons. En somme, pour réaliser la couche électronique, il y a toujours dans les combinaisons précédemment examinées, perte d'électrons d'un côté et gain de l'autre. Mais on peut théoriquement concevoir la formation d'une couche électronique de huit électrons sans aucune cession de la part d'un de ses éléments et uniquement par la mise en commun de certains électrons de la couche superficielle. Loin d'être purement spéculative, cette conception répond à un type de molécule fort différent des précédents et que nous allons maintenant examiner.

La mise en commun d'électrons se fera de telle sorte que chacun des deux éléments unis fournira un électron de liaison. La plus simple liaison de ce genre se fera donc par l'intermédiaire de deux électrons. Supposons par exemple, l'union de deux atomes de chlore en une molécule. Un électron du premier atome, sans sortir de sa sphère primitive, ira combler la lacune de la couche superficielle du second atome et réciproquement. Dans le schéma suivant, nous reconnaîtrons facilement les deux fois sept électrons des deux atomes de chlore et, en même temps, nous verrons que dans la molécule, chaque atome sera entouré de huit électrons.



Ce mode de liaison est parfaitement symétrique et la part prise par chaque atome est la même. On conçoit immédiatement que cette union soit plus forte que la liaison électrolytique dont nous avons parlé au paragraphe précédent et que l'énergie fournie par exemple par l'agitation thermique ne puisse la rompre que beaucoup plus difficilement. La liaison de deux atomes de chlore est donc toute différente de celle qui unit le sodium au chlore, en parfait accord avec la réalité expérimentale. Cependant on peut concevoir un autre mode de mise en commun de deux électrons, l'apport se faisant par un seul atome, sans cession d'électrons.

On voit donc que sans rien préjuger de la position dans l'espace des électrons, la théorie permet déjà une large interprétation des faits. Pourtant, les chimistes ont fait des hypothèses complémentaires, basées sur des réalités expérimentales moins certaines mais susceptibles d'applications importantes qui les vérifient. Ils ont cherché à déterminer la position des électrons de la couche superficielle de huit. En première approximation, ils admettent que les électrons sont immobiles ce qui ne doit évidemment pas correspondre à la réalité car il semble fort probable que les électrons soient tous entraînés dans des mouvements sur des orbites. Pour simplifier, nous considérerons avec eux l'immobilité des électrons, ce qui

nous permettra déjà de tirer des conclusions importantes.

Langmuir, dans sa fameuse théorie de l'octet, admet la généralité de l'existence de la couche électronique de huit autour de l'atome et la distribution régulière des électrons aux sommets d'un cube. Il semblerait en effet que les électrons dussent se repousser mutuellement et par suite être également distribués à la surface d'une sphère, c'est-à-dire aux huit sommets d'un cube.

Pourtant Lewis pense qu'il est plus probable qu'ils se trouvent réunis par couples aux quatre sommets d'un tétraèdre. Cette distribution par couples n'a rien qui puisse choquer si on pense que les électrons sont mobiles sur des orbites. En effet, ils peuvent alors être assimilés à des feuillets magnétiques dont la force magnétique attractive compense dans une certaine mesure la force électrostatique répulsive.

L'hypothèse de quatre paires d'électrons aux quatre sommets d'un tétraèdre, trouve sa justification dans ce qui va suivre.

Si nous admettions la distribution sur un cube, l'union par un sommet serait possible et on pourrait ainsi avoir des molécules avec un nombre impair d'électrons. Or, sur les quelques centaines de mille composés de la Chimie, il n'y en a que quelques-uns, doués d'ailleurs de propriétés très spéciales, qui possèdent dans leurs molécules un nombre impair d'électrons. Ce fait très général, ne peut être dédaigné dans l'élaboration d'une théorie !

L'hypothèse de la distribution des électrons par couples rend aussi parfaitement compte de la structure tétraèdrique du carbone difficile à rejeter depuis Lebel et Vant'Hoff, et la structure tétraèdrique de l'azote aussi peu à dédaigner depuis Werner.

D'autre part, les chimistes organiciens, pour limiter le trop grand nombre d'isomères que prévoyaient leurs formules, avaient admis le principe de la liaison mobile. Il est avantageux de conserver cette manière de voir et la conception d'une telle mobilité est compatible avec l'hypothèse d'une liaison formée par deux électrons concentrés au sommet d'un tétraèdre alors qu'elle ne l'est plus par celle d'une liaison composée de deux électrons situés aux extrémités d'une arête d'un cube. On peut ainsi expliquer qu'il n'existe qu'un bichlorure d'éthylène, alors que, si l'éthane était formé par deux cubes accolés par une arête, on pourrait prévoir un grand nombre d'isomères suivant la position des atomes de chlore sur chacun de ces cubes.

Considérons l'acétylène : d'après notre hypothèse fondamentale, chaque atome de carbone doit être entouré de huit électrons. Or nous disposons de : $(2\times4)+(2\times1)= 10$ électrons. L'octet des carbones ne peut donc être satisfait que par un échange de six électrons. Or, si nous admettons la théorie cubique nous devrions imaginer un accolement par deux faces de chaque cube ce qui est impossible. Au contraire, dans l'hypothèse de la théorie tétraèdrique, la mise en commun de six électrons sera représentée par l'accolement à l'aide d'une face, ce que l'on conçoit aisément.

En somme, actuellement, l'octet tétraèdrique de Lewis est la meilleure représentation de la distribution des électrons autour de l'atome à l'intérieur des molécules.

En première approximation, si nous voulons traduire la représentation schématique de l'ancienne théorie de la valence dans la nouvelle, nous dirons qu'une simple liaison entre atomes de carbone correspond à la mise en œuvre d'un couple d'électrons, la double liaison de deux couples, la triple liaison de trois couples. Dans l'ancienne théorie la double et la triple liaison avaient été imaginées surtout pour sauver le principe de la tétravalence du carbone. Dans la théorie nouvelle, nous devons considérer les atomes de carbone d'une molécule non saturée liés par deux ou trois paires d'électrons pour respecter la théorie de l'octet. Mais il ne faudrait pas faire une transposition brutale d'une formule suivant l'ancienne théorie en remplaçant simplement un trait de liaison par un double électron. Ainsi l'anhydride sulfurique que l'on représente par :

pour sauvegarder à la fois l'hexavalence du soufre et la divalence de l'oxygène sans qu'on ait aucune preuve expérimentale de ces doubles liaisons se traduit dans la théorie électronique par le schéma :

dont nous montrerons la supériorité dans un article ultérieur.

5° Electrovalence et covalence

D'après ce qui précède, il existe très nettement deux types de liaisons correspondant aux combinaisons expliquées respectivement par la théorie de Kossel et par celle de Langmuir et Lewis.

La force qui unit le sodium au chlore dans le chlorure de sodium est d'ordre purement électrostatique. Les deux atomes sont chacun entourés de leur octet complet et entièrement indépendants de celui de l'atome voisin. Si le chlorure de sodium est soumis à la fusion ou à la dissolution, c'est-à-dire à l'agitation thermique, les atomes se séparent les uns des autres et forment des ions. Les ions seront caractérisés par leurs charges. Ils peuvent porter une ou plusieurs charges positives ou négatives élémentaires. Cette charge constitue ce que nous appellerons l'électrovalence de l'ion. Les électrovalences pourront donc être de signes différents et l'on distinguera des ions mono, di, ou poly positifs et des ions mono, di, ou poly négatifs. Ces ions auront une ou plusieurs électrovalences positives ou négatives. Toutes les électrovalences sont égales en valeur absolue. Deux ions chargés différemment pourront s'attirer et la force d'attraction est à la fois une fonction de la charge des ions et de leur distance. Nous réserverons le nom d'électrovalence à la charge constante de l'ion et non à la force d'attraction des ions entre eux.

Une covalence se caractérise par la mise en commun de deux électrons entre deux atomes. Quand un atome partage avec les atomes voisins, une, deux ou plusieurs paires d'électrons, il est dit mono, di, ou polycovalent. D'après cette définition, une covalence est indivisible. La covalence d'un élément ne peut varier que par nombres entiers. Par contre la force de liaison due à une covalence peut varier progressivement. En effet, il peut se faire que les deux électrons qui se trouvent dans le champ d'action de deux atomes soient beaucoup plus attirés vers l'un que vers l'autre. A la limite, ce couple d'électrons peut s'éloigner suffisamment de l'un des atomes pour que la liaison (qui se rapproche ainsi des liaisons d'électrovalence) soit susceptible d'être facilement rompue par l'agitation thermique.

Dire que toutes les covalences sont égales ne signifie donc pas que toutes les liaisons chimiques dues à des covalences ont la même intensité. On peut par suite parler de la variation d'intensité de la force de covalence.

L'utilité d'une représentation schématique des molécules nous entraîne certainement à une manière de voir simplifiée. Un atome doit être non seulement sous la dépendance des couples d'électrons qui le réunissent à ses voisins mais aussi sous celle du champ très complexe des autres électrons et centres positifs de la molécule entière. Cependant, nous nous en tiendrons pour l'instant à cette première approximation.

Conclusion

La théorie électronique de la valence a donc l'avantage de permettre des définitions précises des types de liaisons révélées par l'expérience dans les molécules : électrovalence et covalence. Nous verrons en outre qu'à la lumière de cette théorie un grand nombre de faits chimiques bien connus laissés jusqu'ici en marge de toute interprétation s'expliquent aisément. Nous le montrerons dans un prochain article.

D'ailleurs la théorie électronique de la valence qui de ce point de vue mériterait déjà de se substituer à l'ancienne, doit retenir notre attention à plus d'un titre. Une théorie doit non seulement donner du plus grand nombre de faits connus une interprétation claire et permettre en outre d'en prévoir de nouveaux, mais elle doit pour être longtemps féconde être le moins factice possible et pour cela s'appuyer autant que faire se peut sur les données de l'expérience. Or, à l'heure actuelle, les physiciens sont arrivés, comme nous l'avons dit, à une conception si nette de la structure de l'atome que ce serait une erreur de la part des chimistes de ne pas se laisser guider par des résultats aussi brillants.

Il ne faut pas croire évidemment que la nouvelle théorie donnera de tous les faits connus une explication simple. Ainsi nous ferons remarquer dès maintenant que si l'octet est très répandu il y a, pour certains atomes, d'autres formes électroniques stables. Nous avons déjà vu par exemple que pour l'hydrogène la forme stable contenait deux électrons comme l'atome d'hélium le gaz rare le plus voisin. Une autre configuration devient également très fréquente dans les atomes dont le nombre atomique n'est pas très petit. On constate alors des zones de douze électrons entourant l'atome central, zones encore constituées par six couples électroniques généralement répartis aux six sommets d'un octaèdre régulier. Citons pour mémoire les nombreuses combinaisons métalliques complexes. Ces trois types principaux de zones électroniques : de deux, huit et douze électrons que nous sommes obligés d'admettre représentent évidemment une certaine complexité mais, à notre avis, rejeter systématiquement cette théorie parce qu'elle n'a pas toute la simplicité que l'on pourrait désirer, serait manquer d'esprit scientifique.

Mlle R. Collomb et J. Martinet,
Chimistes des Laboratoires Martinet et Cie.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences physiques.

Rothé (E.). — **Aérologie et Aérodynamique,** *troisième partie du* Cours de Physique *professé aux Facultés de Nancy et Strasbourg. — 1 vol. in-8° de 367 p., édité chez Gauthier-Villars et Cie, Paris,* 1928.

M. Rothé avait entrepris avant la guerre la publication du Cours de Physique qu'il professait à la Faculté de Nancy. Le premier volume, paru en 1914, était consacré aux Unités et aux Mesures, le second, édité en 1917, traitait de la Thermodynamique. Après la guerre, M. Rothé a été chargé, à la Faculté de Strasbourg, de l'enseignement de la Physique du Globe. Il avait été amené, pendant la guerre même, à s'occuper personnellement de questions d'aérologie, et il était particulièrement bien préparé à enseigner cette science et la science connexe de l'aérodynamique.

Il nous apporte aujourd'hui le fruit de cet enseignement et il en a réuni la substance dans un livre qui constitue le tome III de son Cours de Physique. Dans une intéressante préface il passe en revue l'historique des études aérologiques et aérodynamiques en France et indique la genèse de son travail, qui comble une lacune regrettable de notre littérature scientifique. L'étude des propriétés de l'atmosphère et des lois du mouvement de l'air constitue aujourd'hui une science fort intéressante par elle-même, plus intéressante encore par ses applications à la météorologie, à l'aviation, à l'artillerie. L'exposé didactique et purement expérimental que nous en donne, pour la première fois, M. Rothé, ne saurait donc manquer d'être accueilli avec faveur.

Les premiers chapitres résument certains aspects de la physique de l'atmosphère : variations de composition, sondages, répartition des températures, densité et ses changements. L'étude de la répartition des pressions conduit à la notion de géopotentiel et à ses applications. Cet examen des propriétés statiques de l'atmosphère, n'est cependant qu'une introduction à l'étude des mouvements de l'air.

Dans ce nouveau domaine, l'auteur donne d'abord les méthodes de mesure de la vitesse du vent et explique les procédés de sondage qui s'y rapportent. Il passe ensuite à la mesure de la vitesse des nuages et arrive enfin à l'aérodynamique proprement dite. Il montre comment on peut définir et mesurer la résistance de l'air, étudier l'écoulement de l'air le long d'une surface. Les divers problèmes de résistance que l'aviation a suggérés sont l'objet d'exposés spéciaux; l'influence de l'incidence sur la résistance de l'air est examinée, ainsi que le problème particulier de la résistance des sphères. La dernière partie du livre est tout entière dirigée vers les applications pratiques : mesure de la vitesse des courants d'air, construction des souffleries et essais de modèles réduits, mesures de résistance par déplacement des surfaces, cerfs-volants et ballons cerfs-volants, étude sommaire du vol de l'aéroplane et projets d'aéroplanes.

Cette énumération montre que l'auteur s'est imposé un plan méthodique pour ne rien négliger des principes expérimentaux qui président aux études d'aviation. Des courbes et des abaques nombreux, des tables numériques bien choisies, viennent à l'appui de l'exposé. Enfin presque tous les chapitres sont suivis d'exercices pratiques qui contribueront, eux aussi, à faciliter les progrès du lecteur dans un domaine de plus en plus important. Peut-être les détails expérimentaux sont-ils, çà et là, un peu touffus et auraient-ils gagnés a être un peu allégés. Mais on ne saurait nier que l'effort si intéressant accompli par M. Rothé n'atteigne dans l'ensemble le but qu'il s'était proposé, et il faut le remercier de faire profiter les physiciens et les techniciens de son expérience déjà longue de ces questions difficiles.

Eugène Bloch.

***

Gramont (A. de), *Docteur ès Sciences.* — **La Télémétrie monostatique.** — *Fascicule 2 du* Mémorial des Sciences physiques. — *1 brochure de 64 pages, avec 45 figures et 1 planche hors texte. Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, Paris,* 1928.

Dirigé par MM. Villat et Villey, le *Mémorial des Sciences physiques* qui ne publiera pas de mémoires originaux, doit seulement offrir des études documentaires constituant l'aboutissement critique de nombreux travaux sur divers sujets des sciences physiques, qui seront chacun l'objet d'un fascicule particulier.

Dans le présent fascicule, on ne saurait évidemment traiter en détail une question aussi vaste que la télémétrie, même en se bornant aux appareils monostatiques qui seront les seuls étudiés.

La guerre, qui a fait faire d'énormes progrès à tous les compartiments de la science, a suscité dans l'ordre d'idée qui nous occupe ici, des recherches extrêmement nombreuses qui se poursuivent encore en raison de l'importance extrêmement grande prise par le télémètre.

Il est permis de dire qu'aujourd'hui le problème de la construction du télémètre extrêmement délicat est pratiquement résolu et que l'on sait établir couramment des télémètres qui peuvent répondre aux conditions d'emploi les plus sévères.

Le traité de Télémétrie du Capitaine Mazuir que la *Revue d'Optique* éditera prochainement, constituera une étude très complète des nombreux types d'appareils télémétriques établis dans ces derniers temps. L'auteur y renvoie naturellement le lecteur,

et s'attache simplement à exposer dans ce fascicule les différentes méthodes employées en télémétrie. Il y ajoute quelques exemples d'appareils choisis et montre ce qu'il est possible d'obtenir actuellement de pareils instruments.

Les huit chapitres du fascicule sont relatifs à : I. Télémètre de dépression. Sitomètre. — II. Appareils prenant la base sur le but. — III. Télémètres stéréoscopiques. — IV. Télémètres à coïncidence ou à images coupées. — V. Réglage des télémètres. — VI. Précision des mesures télémétriques. — VII. Divers types de télémètres. — VIII. Comparaison entre la télémétrie stéréoscopique et la télémétrie à coïncidence.

L. POTIN.

***

Billiter (Jean), *Professeur à l'Université de Vienne.* — **Electrochimie appliquée. Electrolyse de l'eau et des chlorures alcalins.** — *1 vol. de x-435 p. avec 262 fig. Dunod, éditeur, Paris,* 1928 (*Prix, broché : 84 francs*).

Depuis quelques années déjà, l'électrochimie est devenue une branche fort importante de l'industrie chimique. L'ouvrage du professeur Billiter fournit aux ingénieurs, aux industriels, aux chimistes un très bon exposé des procédés mis en œuvre dans les différentes branches de la grande industrie électrochimique.

L'ouvrage débute par une étude des phénomènes de surtension qui sert de guide. Puis sont exposés les différents procédés industriels mis en œuvre pour l'électrolyse de l'eau. Deux chapitres sont consacrés aux réductions et oxydations des composés minéraux et organiques. Vient ensuite un exposé complet de l'électrolyse des chlorures alcalins, de l'obtention du chlore et des débouchés de ce gaz : dérivés chlorés organiques et chlorure de chaux, du traitement des lessives alcalines, de la fabrication électrolytique des hypochlorites des chlorates et des perchlorates. Les méthodes d'analyse des produits obtenus et de contrôle des fabrications sont exposées et discutées. Enfin l'ouvrage se termine par quelques pages sur l'électrolyse des solutions de bromure et sur les réactions électrolytiques d'additions et de substitutions d'halogènes. Il constitue une source de documentation absolument remarquable.

F. MICHEL.

***

Hocart (R.), *Licencié ès Sciences physiques.* — **Problèmes et Calculs de Chimie générale.** — *1 vol. in-8° carré de 182 pages. Gauthier-Villars et Cie, éditeurs. Paris,* 1928, (*Prix, broché : 30 fr.*).

Notre littérature ne manque pas d'ouvrages didactiques excellents, remarquables même sur la Chimie. Mais combien d'entre eux contiennent de ces exercices numériques que l'on trouve avec tant d'abondance dans les ouvrages analogues d'enseignement supérieur de langue anglaise ou allemande? Très peu, ou plutôt aucun. Pourtant, n'est-ce pas le but essentiel de tout Cours de mettre un élève en mesure de faire une application pratique de la science qui lui a été enseignée? Et l'application numérique n'est-elle pas justement l'objectif final pour lequel nos étudiants consacrent un long temps à l'étude de la science? Pour juger à ce point de vue la valeur de notre enseignement, que l'on demande donc à nos industriels, à nos chefs de laboratoire, combien de leurs jeunes gens, à leur arrivée dans le service, sont en mesure de faire le plus simple calcul pratique, qu'ils sortent des Facultés ou des grandes Ecoles.

La Librairie Gauthier-Villars a senti cette lacune et s'est déclarée prête à éditer un recueil de problèmes de Chimie générale qui est celui-ci.

Il a pour objet d'illustrer par des exemples variés les notions les plus importantes de chimie générale et de mettre les lecteurs en mesure de résoudre numériquement les problèmes qui se posent au laboratoire, lors de l'étude des réactions chimiques.

En raison de la culture spéciale qu'il suppose, l'ouvrage a pu être très concis et s'adresse aux élèves des Grandes Ecoles et des Facultés. La résolution des problèmes est facilitée par de brefs exposés rappelant en tête de chaque chapitre, les relations quantitatives et les unités qui interviennent dans les applications. Tous les problèmes posés sont résolus, les solutions développées pour constituer par leur ensemble, un guide commode et utile qui rendra de grands services non seulement aux étudiants, mais aussi aux chimistes déjà dans la carrière.

L. POTIN.

2° Sciences naturelles.

Martens (P.), *Professeur à l'Université de Louvain.* — **Notes de Botanique microscopique,** 2e édition. — *1 vol. in-8° de 76 p. Louvain, Librairie universitaire Uystpruyst, éditeur,* 10-12, *rue de la Monnaie,* 1929.

Ce petit ouvrage concerne des manipulations de Botanique à l'usage d'étudiants. Le niveau nous paraît correspondre, tout au plus, à celui de notre certificat P.C.N. L'étude porte sur 72 préparations. Il n'est pas donné de figures, le travailleur doit avoir sous les yeux la préparation en question, moyennant quoi il trouve l'indication de la manière de l'observer, ce qu'il doit y trouver, ainsi que les dessins à exécuter. Des pages blanches sont interfoliées, dans le but, sans doute, de recevoir ces dessins. Cette brochure, nous dit l'auteur, n'est pas un manuel s'adressant au travailleur isolé, c'est un recueil de notes pratiques, destinées à guider l'étudiant en séances de travaux pratiques, avec le secours des indications orales d'un guide. Leur usage comporte des connaissances théoriques préalables. Nous pensons, par ailleurs, que si l'étudiant n'est pas entièrement novice, ces notes pourront aussi bien lui permettre d'interpréter les préparations indiquées s'il est livré à ses propres moyens, de telle sorte que cette brochure peut rendre des services non seulement à Louvain, mais ailleurs.

Ces « Notes » débutent par quelques indications très simples concernant l'emploi du microscope. On n'aura plus de doutes sur la catégorie d'étudiants à laquelle elles s'adressent, en y lisant : « essuyez les lentilles et les miroirs avec un linge propre, *jamais avec le doigt* »; il est plus intéressant d'entendre rappeler « que la vis micrométrique sert, non seulement à mettre au point, mais à explorer la préparation en profondeur. Elle doit donc être maniée constamment et sans arrêt au cours de l'observation ».

Les préparations concernent : la cellule, les tissus, la tige, la racine, l'appareil reproducteur : Phanérogames et Fougères, les Algues et les Champignons. Le choix des préparations, en somme peu nombreuses, conserve un caractère très élémentaire.

J. Beauverie.

***

Goetghebuer (M.). — **Diptères (Nématocères). Chironomidae.** III. **Chironomariae** (*Faune de France*, 18). — 1 *vol. de* 174 *pages*, 275 *fig. Paul Lechevalier, Paris*, 1928 (*Prix, broché :* 32 *fr.*).

Grâce au Dr Goetghebuer, qui a entrepris la très lourde tâche de continuer l'œuvre de J.-J. Kieffer, les entomologistes auront bientôt à leur disposition une monographie complète des Chironomides de l'Europe centrale et occidentale : le présent fascicule de la *Faune de France* est le troisième et avant-dernier de la série consacrée à ce groupe d'Insectes.

L'auteur y traite des Chironomiens et Tanytarsiens. Après avoir fourni quelques renseignements généraux sur ces Insectes, il donne des clés dichotomiques établies pour les larves, les nymphes et les adultes, et conduisant aux genres; d'autres tableaux mènent à l'espèce, qui est décrite à l'état adulte et aux stades larvaires et nymphal — quand ceux-ci sont connus. D'intéressantes indications sont fournies sur les mœurs, l'habitat, etc., des formes examinées.

M. Goetghebuer avoue que son travail n'est pas sans lacunes : il a été obligé, dit-il, de passer sous silence de nombreuses formes mal décrites dont certaines seront reconnues peut-être comme de bonnes espèces quand leur étude aura été poussée davantage. Mais nous ne pouvons que louer ce scrupule : la Systématique, chez les Chironomides en particulier, n'est déjà, en effet, que trop encombrée de noms destinés à devenir des synonymes.

L'auteur a eu la bonne fortune de pouvoir examiner 88 des innombrables espèces créées par Kieffer; il a corrigé et complété les diagnoses de celui-ci et les a pourvues de figures; et puis il a reconnu que plusieurs de ces formes étaient décrites depuis longtemps. M. Goetghebuer a fait du bon travail d'assainissement. Il importerait que cette révision s'étendît à toutes les espèces de Kieffer; malheureusement un grand nombre de types du savant lorrain, dispersés dans les laboratoires des deux Mondes, sont quasi inaccessibles.

P. Remy.

3° Sciences médicales.

Metzer (Marcel), *Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris, Accoucheur de l'hôpital Tenon.* — **L'Accoucheur moderne**, Précis d'obstétrique. — 1 *vol. in*-16 *de* 602 *p., avec* 106 *dessins originaux et* 11 *planches hors texte. Préface du Professeur* Paul Bar. *Prix :* 60 *francs. Librairie Félix Alcan, Paris*, 1928.

Ce titre de l'ouvrage : *l'Accoucheur moderne*, est bien choisi. Les anciens accoucheurs, qui existent encore, peuvent mesurer le chemin parcouru depuis l'époque où la fièvre puerpérale occasionnait tant de décès, au point que l'on était parfois obligé de fermer les Maternités, tandis que les femmes qui accouchaient sans assistance, chez elles, ou dans leur transport à la Maternité, étaient, en général, indemnes de cette grave affection, ce qui montrait bien la cause, le plus souvent exogène, de l'infection par les mains, la lingerie où les instruments des accoucheurs ou de leurs aides. Pasteur parvint en 1879 à isoler et à cultiver le principal agent de cette infection, le streptocoque, puis Doleris en 1880, et bien étudié par Widal dans sa thèse en 1889. Dès lors, peu à peu, l'antisepsie et l'asepsie permirent de se défendre contre ce microbe et d'autres moins importants, et la mortalité des accouchées diminua progressivement dans une grande proportion. Tout se perfectionna dans l'obstétrique, les soins, les instruments et les opérations. L'excellent précis du Prof. Metzer met parfaitement au point tous ces progrès modernes.

L'auteur indique sous une forme simple, précise, en supprimant tout ce qui est inutile, *ce que l'accoucheur doit faire et ne pas faire*. Il insiste, sur l'importance de l'examen minutieux de la femme pendant la grossesse, afin de dépister, à l'avance, les vices de conformation, pouvant gêner l'accouchement, et les positions vicieuses du fœtus qui le rendent spontanément impossible, qu'on peut corriger à l'aide de la version par manœuvres externes, qu'il y a lieu de faire tôt, alors qu'elle est encore facile. C'est ainsi que les cas graves deviennent plus rares qu'autrefois.

L'habile accoucheur de l'hôpital Tenon recommande la patience, si nécessaire dans la pratique des accouchements et surtout la propreté chirurgicale. Il indique, à ce sujet, les précautions minutieuses d'antisepsie et d'asepsie qui permettent de rendre relativement aisées et moins graves les opérations obstétricales. De telle sorte que la maternité ne doit plus être un danger pour la femme, si elle est surveillée depuis le début et à tous moments du travail et des suites de couches; aussi est-il préférable que le praticien qui ne dispose pas de l'organisation moderne nécessaire pour pratiquer un accouchement présumé difficile prenne des dispositions pour qu'il puisse se faire dans des conditions plus favorables.

Ce précis d'obstétrique est divisé en trois livres.

Le 1er livre a trait à l'*état puerpéral physiologique* et étudie la grossesse, l'accouchement normal à

terme, les suites de couches physiologiques, l'élevage du nouveau-né et les diverses présentations normales. On y trouve d'excellents conseils pour établir le diagnostic précoce de la grossesse, pour éviter à la fin du travail les déchirures du périnée, pour pratiquer convenablement la délivrance, qui est d'une si grande importance, les soins immédiats a donner au fœtus (instillation d'une à deux gouttes dans les yeux d'une solution de nitrate d'argent à 1/150 pour prévenir l'ophtalmie purulente), etc., etc.

Le 2e livre comprend l'*état puerpéral pathologique:* les diverses maladies et anomalies compliquant l'état puerpéral, les anomalies dues à un excès de volume du fœtus et celles de l'œuf compliquant l'état puerpéral, la souffrance et la mort du fœtus *in utero*, les anomalies et accidents de la délivrance, le traumatisme obstétrical, l'infection puerpérale du post partum et la grossesse extra-utérine. Parmi tant de sujets importants notons que dans l'association de la tuberculose et de la grossesse, celle-ci aggravant le plus souvent la maladie, l'auteur est partisan de provoquer l'avortement avant 3 mois ou 3 mois 1/2, *chez les femmes susceptibles de guérir*, mais dans certaines conditions de milieu social à envisager [1]. La conduite à tenir dans les bassins, rétrécis et dans les autres cas de dystocie est étudiée avec le plus grand soin, car ils nécessitent souvent des opérations ou des manœuvres obstétricales (forceps, version, embryotomie, césarienne). Tout le chapitre relatif aux anomalies et aux accidents de la délivrance est du plus grand intérêt. Notons encore que, dans l'infection puerpérale aiguë précoce l'*abcès de fixation* est indiqué.

Le 3e livre se rapporte aux *opérations obstétricales*. Il faut distinguer celles qui se font par la voie abdominale et celles qui se font par la voie vaginale. On en trouve le détail complet dans cet ouvrage avec leurs indications. Le Prof. Metzer fait remarquer que l'habileté consiste autant à éviter les interventions intempestives qu'à savoir opérer au moment convenable, et il cherche à donner, presque pour chaque cas, un seul traitement, le meilleur, qui est en général le plus simple. L'asepsie rigoureuse permet d'ailleurs de réussir facilement des opérations réputées autrefois dangereuses, c'est ainsi qu'on a pu pratiquer jusqu'à six opérations césariennes sur une même femme!

On trouve à la fin de l'ouvrage un *addendum* alphabétique contenant des renseignements qui peuvent être utiles à consulter.

En résumé, ce précis d'obstétrique moderne constitue un guide précieux pour les étudiants en médecine, les sages-femmes et pour les médecins de la Ville et de la Campagne qui sont appelés à faire des accouchements. Ils y trouveront d'excellents conseils pratiques dont ils pourront tirer le plus grand profit.

Dr G. D.

1. On sait que dans cette question, si controversée, un grand nombre de phtisiologues français sont abstentionnistes.

4° Art de l'ingénieur

Hébrard (A.), *Architecte diplômé par le Gouvernement, ex-inspecteur au Palais des Beaux-Arts.* — **Architecture**, 2e édition. — 1 *vol.* 12 × 18 *de* 564 *p.*, 371 *fig. et* 16 *planches. Dunod, éditeur, Paris,* 1928 (*Prix, broché* : 58 *francs*).

L'ouvrage offert aux lecteurs n'est pas un traité d'architecture. Mais la nécessité de construire rapidement et d'obtenir des prix de revient peu élevés semble avoir fait oublier depuis plusieurs années, que l'utilité et l'esthétique doivent présider aux réalisations architecturales. L'auteur s'est donc efforcé de réagir contre cette tendance de la construction moderne vers le laid, et il démontre que le simple, le rationnel et le beau sont choses compatibles, et plus souvent choses étroitement liées l'une à l'autre. La simplicité et la beauté se concilient d'ailleurs facilement avec l'utilité qui est le point de départ mais non le but unique de tout ouvrage d'architecture, entendant par là la modeste habitation comme la demeure somptueuse ou les grands édifices publics.

La plus grande partie de ce volume est consacrée à l'analyse des éléments de construction et de décoration envisagés simultanément dans les applications qu'on en peut faire aux constructions de toute nature. Les considérations relatives à la beauté qui s'y rencontrent sont amenées naturellement par le sujet, et particulièrement bonnes à faire éprouver au lecteur le désir de dépasser la préoccupation des besoins matériels comme de poursuivre tout en s'appliquant à les satisfaire, un idéal plus élevé.

Il a été ajouté à cette étude spéciale concernant plus particulièrement l'architecte, des développements d'un ordre plus utilitaire ayant trait à l'exécution des travaux et au fonctionnement de la comptabilité d'un chantier.

De nombreuses figures disséminées dans tout l'ouvrage représentant des édifices ou parties d'édifices anciens ou modernes dont la valeur est consacrée, viennent en aide au lecteur en fixant les idées par des formes concrètes.

La plupart des notions exposées dans cet ouvrage sont placées sous la garantie d'autorités reconnues, en particulier de M. Reynaud dont le Traité d'Architecture a été pour l'auteur, un guide précieux, nous dit-il.

Dans cette deuxième édition, plusieurs parties ont été revues pour les adapter aux innovations introduites dans l'art de construire pendant ces trente dernières années. En outre, M. Hébrard a cru devoir compléter son ouvrage par un aperçu rapide des expressions artistiques des différentes époques de l'Histoire, expressions qui constituent les différents styles, et il s'est trouvé guidé dans sa rédaction par l'ouvrage si connu de M. H. Martin « La Grammaire des Styles ».

Ce volume reste entièrement conforme au programme que s'est imposé la Bibliothèque de l'Ingénieur des Travaux Publics et il sera incontestable-

ment d'une documentation précieuse pour les nombreux lecteurs habituels que cette collection s'est attachés.

L. POTIN.

*
**

Droin (F.), *Maître de Conférences à l'Ecole supérieure d'Electricité.* — **Centrales Electriques.** — 1 *vol. in*-8° *de* 242 *fig. de la* Collection des Grandes Encyclopédies industrielles. *Baillière, éditeur, Paris,* 1928.

On sait combien s'est rapidement développée la technique de l'électricité industrielle dont l'évolution n'est évidemment pas encore terminée.

En effet la première centrale à vapeur fut celle de Pearl Street à New-York, inaugurée en 1882, sa puissance initiale était de 125 CV. En 1889 la plus grande usine était de 3.000 kw. et aujourd'hui des usines sont en construction en vue d'une puissance de l'ordre d'un million de kw. En 1896 on employait des tensions de 22.000 volts; en 1921, la tension s'élevait déjà à 220.000 volts. En 1882 les génératrices Junbo avaient une puissance de 80 kw. Aujourd'hui la puissance unitaire des groupes thermiques a atteint 200.000 kw.

Cependant les principaux types de machines et leurs applications sont assez stabilisés pour qu'il soit possible d'établir un tableau d'ensemble de la grande industrie électrique, de ses principes et de son adaptation à la solution de divers problèmes industriels. C'est ce qui rend possible un ouvrage comme celui-ci qui constitue le complément de celui que MM. Duval et Routin ont consacré aux usines hydro-électriques dans cette même bibliothèque de l'Encyclopédie d'Electricité industrielle publiée sous la direction de M. Blondel.

La variété du matériel que comporte une Centrale thermique et les formes multiples sous lesquelles l'industrie présente ce matériel, font qu'une étude complète du sujet demanderait de nombreux volumes. L'auteur ne pouvait donc que renvoyer aux nomographies qui ont été consacrées à l'étude des chaudières et des turbines, des générateurs et de tout l'appareillage électrique. La description de tout ce matériel n'est donc abordée ici que dans la mesure nécessaire à l'examen de leur emploi ou de leur groupement rationnel. L'auteur s'est surtout efforcé de faire ressortir les résultats expérimentaux et passe rapidement sur les considérations théoriques développées d'ailleurs dans d'autres volumes.

Une centrale, depuis la centrale domestique qui alimente une maison d'habitation à l'aide d'un moteur de quelques CV. jusqu'à la super-centrale d'un million de kw. présente toutes les puissances possibles, aussi bien que les dispositions les plus variées. Bien entendu ici encore l'auteur a dû se limiter et se borner à l'examen des plus fréquentes, en particulier de celles qui ont déjà obtenu la sanction d'une expérience de plusieurs années.

Après un chapitre de généralités, l'auteur aborde la constitution générale d'une usine; l'implantation de ses bâtiments et de sa superstructure en général (chapitre II).

Le problème de l'eau pour une centrale qui en a besoin, pour la production de la vapeur, pour l'alimentation des chaudières, pour le refroidissement de certains organes, et autres applications, est le premier problème qui se pose à l'ingénieur. Au chapitre III il trouvera à cet égard tous les renseignements utiles à son projet. Après la question de l'alimentation se dresse celle du combustible étudiée au chapitre IV. Le chapitre V concerne la production de la vapeur; le chapitre suivant, le sixième, est relatif aux moteurs thermiques où l'auteur est surtout amené à s'occuper plus particulièrement des turbines qui restent sans rivales tant au point de vue du prix de premier établissement, qu'au point de vue du rendement pour les grandes puissances. Néanmoins les machines à piston sous la forme en particulier des moteurs Diésel ne sont pas encore complètement abandonnées, et l'auteur a été conduit à en dire quelques mots.

Les centrales à vapeur comportent un ensemble de tuyauterie très développé et il devenait nécessaire, dans un ouvrage général, de leur consacrer une place correspondant à l'importance qu'il occupe dans l'usine. Ces tuyauteries ont donc fait l'objet du chapitre VII.

Le rôle le plus important est naturellement joué par le matériel générateur, et justifie les soins qu'on accorde à son étude. Les considérations qui doivent en déterminer le choix sont développées au chapitre VIII.

L'aménagement d'un tableau de distribution est un problème compliqué qui comporte bien des solutions. Tableaux de distribution et appareillage d'une centrale sont donc étudiés dans un chapitre spécial le IXe; enfin, l'exploitation d'une centrale comprend deux parties, étroitement liées l'une à l'autre; l'exploitation technique, qui consiste à fournir le courant d'une façon aussi parfaite et régulière que possible, et l'exploitation commerciale, qui consiste à produire l'énergie aussi économiquement que possible et à la vendre au meilleur prix compatible avec la façon dont elle est utilisée. Les conditions d'une bonne exploitation sont exposées dans le dernier chapitre.

Chacun des chapitres de l'ouvrage est suivi d'une bibliographie choisie et importante qui permettra aux lecteurs de retrouver la justification des principes généraux qui seuls comme on l'a dit pouvaient être développés ici.

Un index alphabétique occupe les dernières pages et facilitera considérablement les recherches dans ce volume que toute bibliothèque relative à l'industrie électrique devra nécessairement posséder.

L. P.

*
**

Lheureux (Paul), *Ingénieur T. P. E.* — **Alimentation des villes en Eaux potables.** — 1 *vol. in*-8° *de* 360 *pages avec* 142 *figures de la* Bibliothèque de l'Ingénieur Mécanicien, *publiée sous la direction de* M. BAR-

BILLION. *Albin Michel, éditeur, Paris*, 1928. (*Prix, broché : 35 francs.*)

Le présent ouvrage a pour objet l'étude des éléments permettant de préparer un projet d'adduction et de distribution d'eau, et d'en suivre l'exécution, ainsi que l'examen des méthodes à employer, pour en assurer l'exploitation.

Pour préparer un projet, le premier élément à déterminer est la quantité d'eau qui devra être fournie; c'est l'objet de la première partie de l'ouvrage.

Le deuxième élément est, sachant les qualités que doivent présenter les eaux d'alimentation, de rechercher et reconnaître les prises d'eau dont on peut disposer, et aussi les moyens d'améliorer les eaux que donneront les captages envisagés, c'est l'objet de la deuxième partie de l'ouvrage.

Des annexes concernant la surveillance des eaux et le contrôle hygiénique des eaux potables, ainsi que la procédure de préparation et d'approbation de ces projets terminent ce volume, qui sera vraisemblablement suivi d'un second concernant les moyens d'adduction et de distribution des eaux, et l'exploitation, tant technique que commerciale, d'un service de distribution.

Etabli suivant un plan rigoureux qui se développe de chapitre en chapitre, le travail de M. Lheureux constitue un véritable arsenal d'enseignements où l'on trouve les indications les plus précises. Comme le dit M. Barbillion dans sa préface, dès la première page, le lecteur se sentira conquis, car il reconnaîtra en l'auteur un praticien averti auquel, d'ailleurs, on doit de nombreuses distributions, et dont la modestie de plume n'empêche pas de fort bien faire voir ce qu'il exprime.

F. M.

5° Géographie.

Association de Géographes français. Bibliographie géographique, 1927, *publiée avec la collaboration de l'*American Geographical Society, *du* Comitato Geografico Nazionale Italiano, *de la* Royal Geographical Society of London, *de la* Société Royale de Géographie d'Egypte, *et avec le concours de la* Fédération des Sociétés françaises de Sciences naturelles, *sous la direction de* **Elicio Colin** *(au verso, la liste des collaborateurs).* — *1 vol. in-8° de 602 p. Librairie Colin, Paris*, 1928.

Nous sommes heureux de signaler que la *Bibliographie Géographique* annuelle vient de paraître pour l'année 1927, œuvre considérable, dirigée toujours avec le même zèle tout à fait digne d'éloges par M. Elicio Colin, géographe érudit, auquel beaucoup de collaborateurs apportent leurs concours. Le volume renferme un nombre de numéros d'ouvrages très proche de celui de 1926, soit 2.996 numéros, et il faut toujours tenir compte que, sous un certain nombre d'entre eux, sont groupées des citations et analyses de toute une suite de travaux contenus dans une publication périodique ou appartenant à une série générale de laquelle ils font partie par la nature de leurs sujets. On peut juger de la documentation abondante que l'œuvre fournit sur toutes les sources où l'on peut puiser d'année en année pour se renseigner sur les études que l'on fait.

Ce qui offre un haut intérêt à faire remarquer ici, c'est que la Bibliographie ne cite pas seulement ce qui se rattache à la géographie strictement envisagée, mais amplement aussi à tout ce qui se rapporte aux sciences les plus diverses. Nous constatons en effet que, dans la *Partie générale* de la Bibliographie, des divisions spéciales sont consacrées à la Géographie Mathématique et Cartographie, à la Géographie naturelle et à la Géographie humaine, du numéro 200 au numéro 548, ce qui en fait déjà 348. Puis, dans la *Partie régionale*, commençant au numéro 713, un très grand nombre de travaux sont consacrés à des questions scientifiques se rapportant à tel ou tel pays, et, aujourd'hui plus que jamais il est difficile qu'une étude géographique d'un pays ne donne pas également sur lui des connaissances scientifiques, indispensables d'ailleurs pour assurer toute sa mise en valeur. La continuation de cette grande publication mérite d'être signalée et félicitée à raison de tous les services précieux qu'elle peut rendre pour les études scientifiques les plus diverses.

G. REGELSPERGER.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADEMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 14 Janvier 1929.

3° Sciences naturelles. — M. **P. Fallot** : *Sur la structure de la zone subbétique entre Moratella et la zone bétique.* Les trois plis couchés de Buitre-Fronton du Gavilan Nevazo et de la Pena Rubia, qui présentent des degrés divers de dislocation et d'érosion, ne comportent que des lambeaux disjoints de flancs renversés et semblent indépendants du Trias sur lequel ils ont cheminé; les deux premiers cisaillés ou laminés par leurs racines, s'effilent au Sud et leur partie radicale offre de complexes intrications dans le Trias sur lequel paraît reposer, avec la même indépendance, la série jurassique Burete-Pedro Bonce. L'absence du Jurassique, arraché sur de grandes surfaces à l'ouest de La Paca, confirme cette impression. Il serait tendancieux de parler de *nappe de Trias*, mais celui-ci semble à son tour charrié dans toute la région étudiée. — M. **Porchet** : *Méthode de détermination du fond d'une nappe souterraine par l'observation des variations de sa surface libre.* La méthode faisant l'objet de la présente note a pour but de résoudre le problème suivant : « Connaissant la surface libre d'une nappe, calculer la surface du fond imperméable sur lequel elle coule ». La solution de ce problème présente une grande importance pratique pour les questions de prospection des nappes souterraines. Mais une des difficultés pratiques, surtout pour une nappe de grande étendue, est la connaissance des constantes du sol dans lequel elle circule et surtout de son coefficient de filtration qui varie souvent beaucoup d'un point à un autre. La méthode proposée par l'auteur permet de s'affranchir de la connaissance de ce coefficient par l'observation de la surface libre de la nappe à deux époques correspondant à des débits différents. — Mlle **Panca Eftimu** : *Sur la karyokinèse de* Spathularia flavida *Fr. ex. Pers.* La première mitose du noyau sexuel de l'asque est une division hétérotypique caractérisée par la présence d'un synapsis. C'est au moment de ce stade que se passent, en général, d'après la plupart des auteurs, les phénomènes intimes de la réduction chromatique dont le résultat est de diminuer de moitié le nombre des chromosomes, doublé par la caryogamie qui s'effectue dans l'asque. La deuxième mitose est une division homotypique tandis que la troisième est typique : le spirème se scinde directement en quatre éléments. Ces trois bipartitions sont caractérisées par la présence constante de *quatre* chromosomes très distincts. Ce nombre paraît être répandu dans l'ensemble des Ascomycètes. — M. **Edouard Papin** : *Le reflux vésico-urétral.* D'après une expérience, jusqu'ici unique, faite par l'auteur, on peut admettre que les vieux rétentionnistes à uretères dilatés pissent dans leur uretère à chaque miction : dans l'intervalle le liquide retomberait dans la vessie. Mais ces coups de bélier successifs dilateraient peu à peu l'uretère et sans doute arrive-t-on ainsi au degré suivant, à l'uretère forcé qui se remplit mécaniquement quand on injecte la vessie. — M. **Charles Pérez** : *Différences sexuelles dans l'ornementation et dans le système pigmentaire chez un Crabe Oxyrhynque* (Macropodia rostrata L.). Aussi bien sur le corps que sur les pattes de *Macropodia rostrata* se trouvent de fortes soies recourbées en crochets qui accrochent au passage des débris variés et surtout des rameaux d'Algues filamenteuses dont le Crabe est revêtu. Ces soies, relativement peu nombreuses chez le mâle, se trouvent en abondance chez la femelle, sur le rostre, sur les régions branchiales de la carapace et la face dorsale du pléon. Corrélativement les mâles sont beaucoup moins habillés d'algues que les femelles, ce qui permet une meilleure dissimulation du sexe qui incube les œufs. D'autre part la femelle adulte porte, comme le mâle une tache thoracique d'un blanc éclatant, mais en plus une autre tache blanche de même aspect et de même nature, située sur la pointe du telson. Chez la femelle immature, la tache thoracique existe d'abord seule, nouvel exemple de cette ressemblance des femelles jeunes avec les mâles. — M. **Edouard Chatton**, Mme **Marguerite Lwoff** et M. **André Lwoff** : *Les métamorphoses prépalintomiques et métapalintomiques des* Foettingeriidae (*Ciliés*). L'ensemble des transformations ciliaires qui mènent du trophonte au tomite par le palintomonte est maintenant entièrement connu. Il comporte deux phases bien distinctes : 1° une métamorphose prépalintomique qui débute dès l'enkystement et s'achève toujours avant la première scission palintomique; 2° une métamorphose métapalintomique qui débute en même temps que s'achève la dernière scission palintomique et ramène le système ciliaire méridien des tomontes au système ciliaire tordu du tomite. Mais la torsion ne se complètera que dans le tomite enkysté à l'état phorétique ou phoronte. L'intérêt de ces faits dépasse beaucoup le cadre des *Foettingeriidae* si, au lieu de considérer les transformations topographiques du système ciliaire, on considère surtout le fait de la continuité de ces systèmes alors que les cils sont tombés et que leurs insertions sont en apparence complètement effacées. — Mme **Phisalix** et M. **F. Pasteur** : *Action des rayons ultra-violets sur le virus rabique et ses antigènes rabique et venimeux.* Le virus rabique fixe, en émulsion homogène à 1 pour 200 exposé pendant 30 minutes aux rayons ultra-violets d'un brûleur en quartz à vapeurs de mercure, distant de 0 m. 50 et ayant fourni une énergie utile correspondant à 74,36 watts, a perdu à la fois son pouvoir infectant et ses antigènes venimeux et rabique. S'il n'est plus infectant, il n'est plus apte à être employé comme vaccin, soit contre la rage, soit contre l'envenimation. — MM. **A. Policard**, **S. Doubrow** et **D. Pillet** : *Recherches histochimiques sur l'anthracose pulmonaire.* Des examens histochimiques simples ont révélés aux auteurs, dans des cas d'anthracose pulmonaire ordinaire, en dehors de toute maladie professionnelle (pneumokoniose), la présence de particules minérales exogènes fixées dans le tissu pulmonaire, dans

les mêmes points où se constatent des dépôts charbonneux. C'est là dans l'ordre histopathologique une nouvelle preuve des liaisons étroites, constatées dans l'ordre clinique, entre l'anthracose et la silicose. — MM. **R. Leriche** et **R. Fontaine** : *Rôle du ganglion étoilé gauche dans le déterminisme de la crise d'angine de poitrine.* Les auteurs montrent par quelques faits expérimentaux l'importance considérable du ganglion étoilé gauche dans le déterminisme de la crise d'angine de poitrine. Il semble que le ganglion agisse à l'état normal comme centre de réflexion des excitations sensitives nées au niveau des parois du cœur et de l'aorte pour régler le travail du cœur en fonction de ses parois et de celles de la crosse aortique. A l'état pathologique dès que l'excitation dépasse la mesure physiologique de la sensibilité inconsciente, il devient un centre de réflexes viscéralgiques et semble déterminer la crise d'angine de poitrine.

Séance du 7 Janvier 1929.

3° Sciences naturelles. — M. **A. Lacroix** : *Sur l'existence de tectites au Cambodge : leur morphologie.* L'auteur possède de nombreux échantillons de tectites qui proviennent d'un gisement se trouvant dans la partie septentrionale du Cambodge, au nord est d'Angkor, non loin de la frontière du Siam. Il semble que ces produits aient une vaste répartition dans cette région, ils sont accompagnés de gros cristaux de zircon, recueillis comme eux, par les Malais pour la bijouterie. Presque toutes ces tectites présentent des ornements en creux, de formes très diverses à répartir en deux groupes : cupules et cannelures. — M. **Maurice Blumenthal** : *Sur la succession et la répartition des unités tectoniques du versant méditerranéen des Cordillères bétiques entre Grenade et Gibraltar.* Tout le centre de la province de Malaga correspond au large développement d'une masse paléozoïque dont l'épanouissement est sûrement dû à une dépression transversale du soubassement. Le caractère charrié d'un si puissant complexe situé si près de la Méditerranée peut être mis en question, mais lorsque l'on constate que, de l'autre côté de la Hoya de Malaga, les unités à faciès alpin réapparaissent sous le Bétique de Malaga dans un état de métamorphisme qui les faisait ranger jadis dans le « Primitif », l'idée de charriage ne peut plus être rejetée. M. **G. Nicolas** : *Sur un endophyte de Lunularia* cruciata (*L*). *Dumortier.* La localisation d'une Pézize (à hyménium orangé vif) dans une tout petite station, au milieu de *Lunularia*, la présence constante d'un endophyte dans les thalles voisins de la Pézize et l'identité entre les deux mycéliums semblent suffisants pour admettre que l'endophyte de *Lunularia* et *Humaria Nicolai* ne font qu'un, autrement dit que c'est le mycélium d'*Humaria* qui infecte les thalles de *Lunaria* en endophyte. M. N.-N. **Kourtiakoff** : *Influence du relief du sol sur la fertilité.* Dans les dépressions d'un champ, il arrive que les récoltes soient diminuées. Dans le cas étudié par l'auteur la diminution a été en relation avec l'abaissement du niveau des carbonates au dessous de la surface ; elle peut vraisemblablement être imputée à cet abaissement. Ces faits sont susceptibles de présenter une certaine généralité. — MM. **P. Mazé** et **P. Evens** : *La chlorose des cultures en terrain d'épandage et son remède.* Cette maladie est due au fait que l'eau d'épandage, riche en carbonate de chaux est pauvre en fer et riche en soufre organique et en sulfure solubles. Cette eau incrustante colmate par évaporation les particules terreuses d'une couche de carbonate de chaux que les racines devront solubiliser pour absorber le fer insoluble. C'est un travail chimique que les graminées peuvent réaliser dans tous les sols, en raison de la forte acidité des excrétions de leurs racines mais que beaucoup d'espèces alcalines ne peuvent faire ; elles deviennent donc chlorotiques par pénurie de fer, bien que cet élément soit parfois très abondant dans le sol. On peut facilement guérir ou prévenir le mal en pulvérisant sur les feuilles une solution de sulfate de fer à 1 gr. par 10 l. Les plantes reverdissent en deux ou trois jours, et si le sol est riche en éléments fertilisants, la végétation évolue vigoureusement. — M. **Harald Okkels** : *Sur l'existence d'une spécialisation morphologique au niveau du pôle vasculaire du glomérule rénal chez la grenouille.* Il existe dans le glomérule rénal de la grenouille, au niveau du pôle afférent, un dispositif morphologique particulier, en rapport avec une fonction de contraction ; cette contractilité peut-être mise en évidence par une excitation mécanique directe de ce dispositif. — M. **J. André Thomas** : *Sur les réactions des êtres vivants groupés. Action de quelques alcaloïdes sur* Convoluta Roscoffensis. Des modifications importantes des réactions des *Convoluta* vis-à-vis des alcaloïdes existent du fait de leur groupement. Il existe dans l'échelle des concentrations de certains de ces alcaloïdes une zone optima plus ou moins étendue, où les effets de groupement jouent d'une façon heureuse pour l'individu. A cette concentration correspond pour les êtres une possibilité de lutter contre la variation, de redevenir normaux. On peut penser, avec Bohn et Drzewina qu'il s'agit d'une action par contact, d'une catalyse dont l'effet dépendrait des constituants en présence. — M. **H. Holweck** : *Production de rayons X monochromatiques de grande longueur d'onde. Action quantique sur les microbes.* La variation de l'action bactéricide des radiations en fonctions de la longueur est très complexe, et il est nécessaire de considérer plusieurs domaines distincts. Dans un premier domaine plusieurs quanta et quelquefois un grand nombre sont nécessaires pour tuer (cas de l'UV et des rayons X très mous), dans un deuxième domaine un seul quantum est suffisant et la loi de mortalité est exponentielle. Dans ces deux premiers cas, le trajet du photoélectron est petit devant le diamètre de la zone sensible. Dans un troisième domaine le trajet du photoélectron est plus grand que la zone sensible X pénétrants) et la loi se complique à nouveau. — M. **A. Lacassagne** : *Action des rayons de grande longueur d'onde sur les microbes. Etablissement de statistiques précises de la mortalité des bactéries irradiées.* L'auteur a cherché à obtenir, à la surface du milieu de culture, une répartition homogène de bactéries isolées qui donneront naissance à des colonies distinctes, facilement numérables, mais cependant suffisamment nombreuses pour qu'un champ de 10 mm. de diamètre en contienne environ une centaine. Toutes les boites ensemencées sont irradiées dans les mêmes conditions On laisse ensuite à l'étuve, pendant le temps nécessaire pour

que les colonies deviennent apparentes à la loupe; il est alors facile de compter leur nombre sur les champs irradiés et sur des champs témoins en se servant, par exemple, d'un appareil à microphotographie. L'auteur figure schématiquement la répartition des quanta dans des champs d'irradiation supposés constitués d'une substance ayant le même coefficient d'absorption que le bacille qui y est contenu. — Mme **P. Curie** : *Sur l'étude des courbes de probabilité relatives à l'action des rayons X sur les bacilles*. Cette note est un complément théorique à l'exposé de F. Holweck et A. Lacassagne sur l'action bactéricide des rayons X. L'auteur admet avec Holweck que, pour détruire un bacille, il est nécessaire que la *zone sensible* de celui-ci absorbe un nombre *s* minimum de quanta d'une fréquence déterminée; *s* est le *seuil* de l'effet pour une radiation donnée et un bacille donné. L'auteur appelle *u* le volume de la zone sensible et se propose d'indiquer une méthode simple pour calculer *s* et *u* d'après la forme des courbes $P = F(x)$. — MM. **S. Mutermilch** et Mlle **E. Salamon** : *Formation locale des antitoxines dans le liquide céphalorachidien*. 1° La barrière vasculo-méningée est imperméable aux antitoxines sanguines formées dans l'organisme animal à la suite des inoculations des anatoxines dans la cavité péritonéale. 2° L'apparition des antitoxines dans le liquide céphalorachidien des animaux vaccinés par la voie intraméningée est due à leur production locale par des cellules dont la nature reste à déterminer. — M. **Georges Tixier** : *Vérification spectrographique de l'erg stérol sous l influence de l'irradiation par les rayons ultra-violets*. On sait que l'ergostérol irradié possède un pouvoir de transmission augmenté dans la zone (2400 à 2950) unités Angström, l'auteur a pensé pouvoir utiliser ce caractère pour préciser l'activation de ce produit. Il a donc spectographié en série des échantillons soumis à des temps d'irradiation progressivement croissants ; en même temps l'action antirachitique était vérifiée par l'examen radiographique des rats d'abord carencés, puis soumis au traitement par l'ergostérol irradié.

Séance du 16 Décembre 1928.

3° Sciences naturelles. — M. **L. Cayeux** : *Existence de spongolithes d'eau douce dans le bassin houiller du Gard*. — M. **Albert Portevin** : *Sur l'action des gaz sulfureux à températures élevées sur les verres et roches basiques et une origine probable des eaux thermales sulfatées*. Les gaz sulfureux, même très dilués, attaquent superficiellement à température élevée, les roches et verres basiques en formant des sulfates alcalins et alcalino-terreux et presque exclusivement du sulfate de soude malgré la très faible proportion de soude des roches. Dans l'ère de décroissance des phénomènes volcaniques, pendant la période des fumerolles, des gaz chauds sulfurés et oxydants passent dans les fissures ou diaclases des roches laviques donnant naissance à des enduits ou dépôts de sulfates solubles. La période de circulation des vapeurs et eaux chaudes qui lui succède dissout les sels ainsi formés, produit donc des eaux thermales sulfatées alcalines souvent très minéralisées. Il n'est pas besoin de rappeler la position géographique de ces sources sulfatées par rapport aux volcaniques. — M. **P. Fallot** : *La limite septentrionale des charriages subbétiques entre la Sierra Sagra et le Rio Segura*. — M. **Léon Moret** : *Sur l'extension des couches à Thersitées et à phosphate dans le versant sud de l'Atlas de Marrakech (Maroc)*. — M. **Aug. Chevalier** : *Sur l'origine du bois d'Imbuia du Brésil et sur la biologie de l'arbre producteur, le* Phoebe porosa *Mez. de la famille des lauracées*. Le bois d'Imbuia est fourni par le *Phoebe poroza* (Nees) Il n'existe qu'une seule espèce productrice, bien qu'on connaisse une grande quantité de sortes commerciales de ce bois. C'est un très beau bois qui se présente parfois sous forme de larges pièces ayant plus d'un mètre de large. Le *Phoebe porosa* croît dans les forêts humides des Etats de Parana, de préférence entre 800 et 1.200 m. d'altitude. Il atteint à l'état adulte jusqu'à 40 m. de haut. Cet arbre présente de grandes affinités avec certains *Cinnamomum* d'Indochine et s'en rapproche par l'organisation des fleurs, par la structure du bois, par son odeur camphré. Il est certain que la démarcation entre les genres Phoebe et Cinnamomum est artificielle et seulement d'ordre géographique. — M. **Pierre Dangeard** : *Action favorisante de l'iodure de potassium sur l'iodovolatilisation*. L'auteur a constaté expérimentalement que l'iode libre que l'on peut caractériser dans de l'eau de mer *iodurée* ayant séjourné au contact d'un stipe frais de Laminaire provient sans aucun doute d'une émission effectuée par les cellules, périphériques qui sont les éléments iodogènes dans l'iodovolatilisation normale. L'iodure de potassium agit donc sur l'assise iodogène et il est probable que son rôle consiste à fournir aux cellules qui l'absorbent l'aliment de leur production d'iode libre. L'action de l'iodure de potassium sur l'iodovolatilisation a permis de constater que chez certaines Floridées il existe des phénomènes d'iodovolatilisation peu intenses comparables à ceux découverts chez certaines Fucacées ; on est conduit à mettre à part les Algues à ioduques chez lesquelles il n'a pas été signalé jusqu'ici d'émission d'iode spontanée. — M. **Paul Guérin** : *L'acide cyanhydrique chez les* Lotus. A côté de nombreuses espèces de *Lotus* (Légumineuses-Papilionnacées) qui constituent pour le bétail de bons fourrages, il en existe cependant quelques-unes qui peuvent être dangereuses en raison de l'acide cyanhydrique qu'elles renferment. Les graines de Lotus ne contiennent pas de glucoside cyanogénétique, celui-ci apparaît dès le début de la germination dans la jeune plantule. La feuille semble bien être l'organe le plus riche du principe cyanogénétique. Parmi les espèces de France, le *L. tenuis* se montre particulièrement toxique. — M. **Serge Yourévitch** : *Energétique des mouvements oculaires*. L'œil a comme le cœur, un régime synergique normal dont la fonction, parmi d autres, est de procurer à la rétine une quantité constante, du reste calculable, d'excitations lumineuses, nécessaires au fonctionnement psychophysiologique de cet organe. L'œil ferait dans un milieu immobile et éclairé environ 7.000 mouvements par heure ou 100.000 dans les 16 heures de veille, chiffre réduit entre autre par les temps de fixation d'objets en mouvements (pendant un film, par exemple, les mouvements oculaires sont ou bien absents ou bien réduits au strict

minimum pour suivre la translation des objets en mouvements) l'œil recommence normalement ses mouvements dès que le milieu redevient immobile. Les mouvements oculaires possèdent un double caractère : celui des mouvements réflexes et celui des mouvements volontaires, dualisme qui est à la base même de l'énergétique des mouvements oculaires. — M. **G. Hamel** et **J. Feldmann** : *La répartition géographique des Fucacées et des Laminaires sur les côtes occidentales de la péninsule ibérique.* Le cap Ortegal, entre Riveado et La Corogne, joue un rôle important dans la distribution géographique des Algues espagnoles ; une seconde région importante est la longue côte sableuse qui s'étend au nord du Portugal et qui arrête un certain nombre de Fucacées et de Laminaire. — M. **A. Magnan** et **A. Sainte-Laguë** : *Sur la détermination expérimentale de la résistance à l'avancement des Poissons.* Grâce au dispositif cinégraphique inventé par les auteurs, ceux-ci ont pu mesurer directement la résistance à l'avancement pour une truite pesant 318 gr. et longue de 32 cm., avançant dans l'eau après avoir donné quelques coups de queue, sans aucun mouvement de ses nageoires, mais les ventrales étalées pour maintenir son équilibre. Ils ont trouvé que pour des vitesses de 0,30, 0,45, et 0,60 m s, la résistance totale a été de 3,21 et 29 g. ce qui ne correspond pas à la finesse maximà de la truite, puisque celle-ci n'existe qu'en cas de repliement total des nageoires. Pour le même animal ayant braqué brusquement ses nageoires pectorales en vue de freiner son mouvement, la résistance relative mesurée a été environ 50 fois plus grande. — M. **S. Posternak** : *Sur un nouveau constituant phospho-organique des hématies.* — MM. **Gabriel Bertrand** et **Boje Benzon** : *La teneur en zinc des aliments végétaux.* Les auteurs ont déterminé la teneur en zinc de plus d'une centaine de plantes ou parties de plantes, choisies parmi celles qui sont le plus ordinairement utilisées soit pour la nourriture de l'homme, soit pour celle des animaux domestiques ou de laboratoire. Ils ont constaté que la teneur en zinc est très différente d'un aliment végétal à un autre, elle peut varier de un à plus de cent, si on compare les aliments à l'état où ils se présentent au moment de leur utilisation. Suit un résumé des principales déterminations quantitatives. — MM. **Charles Nicolle**, **Charles Anderson** et **Jacques Colas Belcour** : *Adaptation expérimentale de spirochètes récurrents à des ornithodores autres que ceux qui les transmettent dans la nature.* 1° Il est de règle, dans la nature, que tout spirochète récurrent, du groupe de ceux qui sont transmis par des ornithodores, soit lié à une espèce particulière de ces tiques. Chaque espèce héberge son spirochète et le transmet. 2° Expérimentalement, les ornithodores transmettent indifféremment les diverses espèces de spirochètes. La transmission ne se produit que par les nymphes et est héréditaire. Les autres acariens sont en général incapables de transmettre les spirochètes. — MM. **Y. Manouelian** et **J. Vialia** : *La moelle épinière, le bulbe, la protubérance et le parasite de la rage.* Les corps de Negri ne sont pas particulièrement abondants dans les régions les plus virulentes du névraxe. C'est que les corps de Negri ne sont que les témoins de la défense des cellules nerveuses contre le virus rabique, défense qui peut être incomplète particulièrement, dans le bulbe ou la protubérance, où les corps de Negri sont très rares mais où le parasite vu, par les auteurs est extrêmement abondant. — MM. **P. Durand** et **D. Olmer** : *La fièvre exanthématique de Marseille est absolument distincte du typhus exanthématique.* La fièvre exanthématique de Marseille ne donnant pas d'immunité contre le typhus et l'immunité acquise contre le typhus n'empêchant pas l'évolution de la fièvre de Marseille, il est démontré que ces deux maladies sont absolument distinctes. — M. **C. Nachet** : *Nouveau dispositif pour l'enregistrement simultané de trois images relectionnées pour la production d'images en couleurs.*

Séance du 3 Décembre 1928.

3° Sciences naturelles. — M. **Maurice Blumenthal** : *L'existence du Bétique de Malaga dans la région de Grenade.* Retrouvant les schistes du Bétique de Malaga au dessus du front nord des Alpujarrides à l'Est de Grenade, l'auteur en conclut que la nappe immense qui embrasse, à l'ouest de la Sierra Nevada une surface de quelque 6000-7000 km, se prolonge vers l'Est et y chevauche aussi les unités sous-jacentes. — M. **A. Demay** : *Le prolongement des nappes cévénoles sur le pourtour occidental du bassin houiller de Saint-Etienne.* Lorsqu'on suit sur le pourtour occidental du bassin de Saint-Etienne le complexe tectonique des Cévennes septentrionales on voit la nappe des Trois-Dents s'amincir et disparaître, la nappe du Pilat et la nappe de Pouyardière se confondre puis disparaître entre Firminy et Saint-Just-sur-Loire. Au contraire la nappe de Laval ou des micaschistes se prolonge jusqu'aux terrains tertiaires ou quartenaires du Forez. Entre Montrambert et Firminy, des lames de gneiss mylonitique accusent au sommet de cette nappe, l'existence d'écailles que chevauche une nappe encore plus haute, celle de la Gampille. — M. **Pierre Viennot** : *Nouvelles observations géologiques dans le Labourd (Basses-Pyrénées).* Dans l'ensemble les extrusions intéressant les terrains secondaires du Labourd jalonnent une ligne anticlinale qui se rapproche du massif ancien lorsqu'on se déplace vers l'Ouest à partir d'Armendarits, et qui arrive vers Espelette au contact direct de celui-ci. D'autre part, un témoin isolé de lydiennes et schistes carbonifères broyés se montre au nord-ouest de la Sare, bordé au sud par les argilites triasiques affectées d'un prolongement septentrional régulier de 20° à 25°, et au nord par le Keuper ophitique, qui repose visiblement et régulièrement sur les argilites vers l'Ouest. Il ne semble donc pas possible d'interpréter ce témoin autrement que comme un lambeau supporté par la série triasique de la Rhune, et séparé par l'érosion, de la masse paléozoïque principale, elle-même en recouvrement. L'interprétation du massif ancien du Labourd en une nappe chevauchant sur les terrains plus récents paraît celle qui s'accorde le mieux avec les faits d'observation. — M. **Jacques Bourcart** et **Guy Le Villain** : *Sur la faune des calcaires cambriens de Sidi Mouca d'Aglou, près de Tiznit (Sud marocain).* — MM. **Gustave Rivière** et **Georges Pichard** : *Fertilisation des sols pauvres en calcaire. Essais comparatifs de divers carbonates.* Des expériences faites sur des sols pauvres en calcaire ont

montré que tous les carbonates employés (Ca, Mg, Na, K) ont élevé les rendements des récoltes, parfois même très notablement, par rapport aux témoins, mais que c'est le carbonate de sodium qui, *dans tous les cas* s'est montré le plus actif. On est conduit à admettre que le sodium a été dans la circonstance un véritable engrais. — M. **A. Mordvilko** : *Nouvelle contribution à l'étude de l'anolocyclie chez les Aphidés.* Forda formicaria *Heyden et sa forme anolocyclique.* L'auteur a pu établir que les *Forda formicaria* Heyden qui vivent sur les racines des Graminées, sont des exilés du *Pemphigus seminularius*. Dans tous les pays où existe le *Pistacia terebintus*, le *Forda formicaria* est une forme holocyclique et sur les racines des Graminées on y rencontre ordinairement les exilés, provenant immédiatement des émigrants. La distribution de *F. formicaria* anolocycle que permet de juger de la distribution du *Pistacia terebinthus*, son hôte primaire, à l'époque tertiaire. — M. **Alphonse Labbé** : *Production expérimentale de tissu conjonctif par les amoebocytes chez Doris tuberculata L.* Dès la première heure qui suit l'introduction aseptique d'un stylet de celloïdine dans la manteau de *Doris tuberculata* on constate : 1° L'adhésion des amoebocytes hyalins au stylet sur lequel ils s'étalent. Puis l'agglutination partielle de ces amoebocytes en cellules géantes, en masse plasmodiale qui subissent en partie une hécrobiose. 2° En même temps s'organise une couche cellulaire interne fixée autour du canal qui entoure l'inclusion, constituée également par des amoebocytes hyalins, mais qui passent à l'état quiescent et se transforment en cellules fusiformes allongées, anastamosées entre elles. Ils se différencient par la suite en fibrilles conjontives. 3° Entre la zone fibroblastique et la zone phagocytaire, il se forme occasionnellement un feuillet d'apparence épithéloïde. Les animaux en expérience étant morts vers le 10e jour, on ignore le sort ultérieur de cette zone qui reste indifférenciée jusque là. Tous ces processus sont rapides les premières heures, se ralentissent ensuite pour s'accentuer à nouveau vers la 100e heure. — M. **J. Thomasset** : *Essai de classification des variétés de Dentine chez les Poissons.* La dentine la moins spécialisée est l'*ostéo-dentine* qui est souvent à peu près identique à l'os. Par régularisation de ses éléments (canaux ou canalicules) l'ostéo-dentine passe insensiblement aux autres variétés qui semblent toutes dérivées de ce tissu primitif. En suivant cette régularisation on distingue : l'*ostéo-dentine*, la *vaso-dentine*, la *pseudo dentine*, la *syndentine* l'*ortho-dentine* et la *fibro-dentine*. L'origine de ces différentes variétés est la même, puisque les odontoblastes ne sont que des cellules osseuses spécialisées. La pseudo-dentine a été décrite jusqu'ici comme véritable dentine. La syndentine semble bien être un tissu résultant de plusieurs germes. Enfin la fibro-dentine qui a été considérée comme émail et comme dentine est vraisemblablement d'origine mixte. Elle constitue un tissu de revêtement et fait ainsi transition, par sa morphologie et son développement avec l'émail. — M. **André Boivin** : *Contribution à l'étude de l'oxydation sulfochromiques des substances carbonées. Méthode générale de microdosage du carbone par voie humide.* La méthode générale de microdosage du carbone par voie humide décrite par l'auteur offre en particulier deux possibilités intéressantes. 1° On peut évaluer commodément et avec une grande rapidité la teneur en carbone d'un composé quelconque, pesé à la microbalance. La précision ne s'éloigne pas beaucoup de celle du « Pregl ». 2° On peut, surtout, sans microbalance et par simple évaluation du carbone dans des précipités recueillis sur des petis filtres de Pregl, spéciaux, doser de très nombreux corps intéressant les biochimistes, corps engageables en combinaisons insolubles : complexes cupriques et mercuriels, osazones, picrates picrolonates, chloroplatinates, phosphotungstates silicotungstates, etc. — M. **E. Brumpt** : *Identité des genres* Grahamella *Brumpt 1911 et* Bartonella *Strong, Tyzzer, Brues, Sellards et Gastiaburu.* — MM. **Georges Blanc** et **J. Caminopestro** : *Expériences faites en Grèce sur le mode de transmission de la « dengue ».* 1° Les Stegomyias nourris sur un malade atteint de dengue sont infectés. Les Stegomyias prélevés à Athènes, dans des chambres où il y a eu des malades, sont infectés. 2 Les Stegomyias, infectés sur un malade, transmettent la dengue par piqûre 9 jours après le repas infectant et restent infectants au moins 28 jours après ce repas. 3° Les Stegomyias prélevés dans une maison où il y a eu de la dengue peuvent être infectés et transmettre la maladie par piqûre. 4° Les moustiques, du genre Culex, infectés sur des malades atteints de dengue, n'ont pas transmis l'infection par piqûre. — MM. **Et. Burnet, P. Durand** et **D. Olmer** : *Essais de transmission de la fièvre exanthématique de Marseille par les poux.* Des poux nourris sur des singes atteints de fièvre de Marseille ont été broyés et inoculés à des singes normaux et à deux sujets volontaires, les repas infectants s'échelonnant de 5 à 17 jours avant l'inoculation. Toutes les inoculations ont été négatives. Ces expériences parlent contre l'hypothèse de la nature typhique du virus de la fièvre exanthématique de Marseille.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Edit., 1, rue de la Bertauche, Sens.— 4-29.